OSTWALD'S KLASSIKER
DER EXAKTEN WISSENSCHAFTEN.
Nr. 8.

DIE

GRUNDLAGEN DER MOLEKULARTHEORIE.

ABHANDLUNGEN

VON

A. AVOGADRO UND AMPÈRE.

(1811 u. 1814)

WILHELM ENGELMANN IN LEIPZIG

Die Klassiker der exakten Wissenschaften.

Erschienen sind:

Nr. 1. **H. Helmholtz**, Erhaltung der Kraft. (1847.) (60 S.) 80 ℛ︀.

» 2. **C. F. Gauss**, Lehrsätze in Beziehung auf die im verkehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernung wirkenden Anziehungs- und Abstossungskräfte. (1840.) Herausg. von A. Wangerin. (60 S.) 80 ℛ︀.

» 3. **J. Dalton** u. **W. H. Wollaston**, Abhandlungen zur Atomtheorie. (180[illegible]) ℛ︀.

» 4. **Gay** [illegible] ℛ︀.

» 5. **C. F** [illegible] n-ger

» 6. **E. I** [illegible] ehre vom [illegible] Mit 1 T[illegible]

» 7. **F. V** [illegible] von H. I[illegible]

» 8. **A.** [illegible] rie. (181[illegible] S.) ℳ 1[illegible]

» 9. **H. I** [illegible] usg. v. V[illegible]

» 10. **F. N** [illegible] ime. (184[illegible]

» 11. **Gal**[illegible] nen übe[illegible] u. 2 T[illegible] v. A. [illegible]

» 12. **I. F** [illegible] rt. (101[illegible]

» 13. **Con** [illegible] ius. (178[illegible] xtf. (88[illegible]

» 14. **C. F** [illegible] nen etc.

» 15. **Thé** [illegible] 04.) 1. [illegible]).

» 16. — [illegible] 30.

» 17. **A. F** [illegible] in Gen[illegible] Mit 1 T[illegible]

» 18. Die [illegible] **her** u. **C. Rahn.** Herausg. v. M. v. Frey. Mit 6 Textfig. (43 S.) ℳ —.75.

» 19. Üb. d. Anziehung homogener Ellipsoide. Abhandlungen von **Laplace** (1782), **Ivory** (1809), **Gauss** (1813), **Chasles** (1838) und **Dirichlet** (1839). Herausg. von A. Wangerin. (118 S.) ℳ 2.—.

» 20. **Chr. Huyghens**, Abhandlung üb. d. Licht. Herausg. von E. Lommel. Mit 57 Textfig. (115 S.) ℳ 2.40.

» 21. **W. Hittorf**, Abhandlgen über d. Wanderungen der Jonen während der Elektrolyse. (1853—1859.) I. Theil. Mit 1 Taf. Herausg. von W. Ostwald. (87 S.) ℳ 1.60.

» 22. **Woehler u. Liebig**, Unters. über d. Radikal d. Benzoesäure. (1832.) Herausg. von Herm. Kopp. Mit 1 Taf. (43 S.) ℳ 1.—.

» 23. **W. Hittorf**, Abhandlgen üb. d. Wanderungen der Jonen während der Elektrolyse. (1853—1859.) II. Theil. Mit 1 Taf. Herausg. von W. Ostwald. (142 S.) ℳ 1.50.

Fortsetzung auf der dritten Seite des Umschlages.

I.

Versuch einer Methode,

die Massen der Elementarmolekeln der Stoffe

und die Verhältnisse, nach welchen sie in Verbindungen eintreten, zu bestimmen

von

A. AVOGADRO.

II.

Brief des Herrn Ampère

an den Herrn Grafen Berthollet, über die Bestimmung der Verhältnisse, in welcher sich die Stoffe nach der Zahl und der wechselseitigen Anordnung der Molekeln, aus denen ihre integrirenden Partikeln zusammengesetzt sind, verbinden.

Mit 3 lithogr. Tafeln.

Herausgegeben

von

W. Ostwald.

LEIPZIG

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN

1889.

[58] # Versuch einer Methode,

die relativen Massen der Elementarmolekeln der Stoffe, und die Verhältnisse, nach welchen sie in Verbindungen eintreten, zu bestimmen

von

A. Avogadro [1]).

I.

Gay-Lussac hat in einer interessanten Abhandlung (Mémoires de la Société d'Arcueil, II) gezeigt, dass die Verbindungen der Gase unter einander stets nach sehr einfachen Volumverhältnissen erfolgen, und dass, wenn die Verbindung gasförmig ist, ihr Volum gleichfalls in sehr einfachem Verhältniss zu dem der Bestandtheile steht; nun scheinen aber die Mengenverhältnisse der Bestandtheile in den Verbindungen nur abhängig sein zu können von der Anzahl der einfachen Molekeln, welche sich verbinden, und der zusammengesetzten Molekeln [2]), welche dabei entstehen. Man muss daher annehmen, dass auch zwischen den Volumen der gasförmigen Stoffe und der Anzahl der Molekeln, welche sie bilden, sehr einfache Verhältnisse bestehen. Die Hypothese, welche sich hier auf den ersten Blick darbietet und welche sogar die einzig zulässige zu sein scheint, ist die Annahme, dass die Anzahl der zusammensetzenden Molekeln in jedem Gase bei gleichem Volum stets dieselbe sei, oder stets proportional dem Volum. Denn nimmt man an, dass die Zahl der Molekeln in gleichen Volumen verschiedener Gase verschieden sei, so wäre es nicht mehr begreiflich, dass das Gesetz, welches die Entfernung der Molekeln bestimmt, in allen Fällen so einfache Verhältnisse ergeben könnte, wie die erwähnten Thatsachen uns zwischen dem Volumen und der Anzahl der Molekeln anzunehmen zwingen. Umgekehrt begreift [59] man

sehr gut, — da die Molekeln in einem Gase sich in solchen Entfernungen von einander befinden, dass sie keine gegenseitige Anziehung auf einander ausüben, — dass ihre verschiedene Anziehung zum Wärmestoff sich darauf beschränken kann, eine grössere oder geringere Menge desselben um sich zu verdichten, ohne dass die von demselben gebildete Atmosphäre für die einen ausgedehnter wäre, als für die anderen, und ohne dass daher die Entfernung der Molekeln verschieden ausfiele, oder, mit anderen Worten, ohne dass die in demselben Volum enthaltene Anzahl der Molekeln verschieden wäre. Zwar hat Herr *Dalton* in dieser Beziehung eine ganz entgegengesetzte Hypothese aufgestellt, dass nämlich die Menge des Wärmestoffes für jede Molekel jedes beliebigen gasförmigen Stoffes dieselbe sei und dass die grössere oder geringere Anziehung zur Wärme diese Wärmemenge nur mehr oder weniger stark um die Molekel verdichte und dadurch die Entfernung der letzteren verändere; bei der Dunkelheit indessen, in welcher wir uns über die Art und Weise befinden, in welcher diese Anziehung der Molekeln auf den Wärmestoff erfolgt, kann uns nichts a priori mehr für die eine oder die andere Hypothese bestimmen, und man wäre am ehesten geneigt, eine gemischte Hypothese anzunehmen, nach welcher sowohl die Entfernung der Molekeln wie die Wärmemenge nach unbekannten Gesetzen veränderlich wären, wenn die von uns aufgestellte nicht unterstützt würde durch jene Einfachheit der Volumverhältnisse gasförmiger Verbindungen, welche auf anderem Wege nicht erklärbar erscheint [3]).

Geht man von dieser Hypothese aus, so sieht man, dass man ein Mittel besitzt, sehr leicht die relativen Massen der Molekeln solcher Stoffe zu bestimmen, welche man in gasförmigem Zustande erhalten kann, und ebenso die relative Anzahl der Molekeln in den Verbindungen; denn die Verhältnisse der Massen der Molekeln sind gleich denen der Dichtigkeiten der verschiedenen Gase bei gleichem Druck und gleicher Temperatur, und die relative Anzahl der Molekeln in einer Verbindung ist unmittelbar durch das Verhältniss der Volume der Gase, welche sie bilden, gegeben. Da z.B. die Zahlen 1·10359 und 0·07321 die Dichten der Gase Sauerstoff und Wasserstoff, die der Luft als Einheit genommen, darstellen und das Verhältniss beider Zahlen daher das der Massen gleicher Volume der beiden Gase ist, so drückt dasselbe Verhältniss nach der aufgestellten Hypothese das Verhältniss der Massen ihrer Molekeln aus. Somit wird die Masse einer Molekel Sauerstoff ungefähr 15 mal grösser

sein, als die einer Molekel Wasserstoff, oder, genauer gesprochen, sie verhalten sich wie 15·074 zu 1. Ebenso [**60**] verhält sich die Masse einer Stickstoffmolekel zu der Wasserstoffmolekel wie 0·96913 zu 0·07321, d. h. wie 13, oder genauer 13·238 zu 1. Da man andererseits das Verhältniss der Volume des Wasserstoffs zum Sauerstoff bei der Bildung des Wassers gleich 2 : 1 kennt, so folgt, dass das Wasser aus der Vereinigung jeder Sauerstoffmolekel mit je zwei Wasserstoffmolekeln entsteht. Ebenso folgt aus den von *Gay-Lussac* bestimmten Volumverhältnissen der Elemente des Ammoniaks, des Stickstoffoxyduls und Salpetergases, der Salpetersäure, dass das Ammoniak durch die Verbindung von einer Molekel Stickstoff mit drei Molekeln Wasserstoff entsteht, das Stickstoffoxydul aus zwei Molekeln Stickstoff und einer Molekel Sauerstoff, das Salpetergas aus einer Molekel Stickstoff und einer Molekel Sauerstoff, die Salpetersäure aus einer Molekel Stickstoff und zwei Molekeln Sauerstoff besteht.

II.

Eine Ueberlegung scheint sich zunächst der Zulässigkeit unserer Hypothese für zusammengesetzte Stoffe entgegenzustellen. Es scheint, dass eine Molekel, welche aus zwei oder mehreren Elementarmolekeln besteht, eine Masse haben muss, welche gleich der Summe der Massen der Elementarmolekeln ist und dass insbesondere, wenn in einer Verbindung eine Molekel eines Stoffes zwei oder mehr Molekeln eines anderen Stoffes bindet, die Zahl der zusammengesetzten Molekeln dieselbe bleiben muss, wie die des ersten Stoffes. Darnach müsste, wenn ein Gas sich mit dem zwei- oder mehrfachen Volum eines anderen Gases verbindet, die entstehende Verbindung, wenn sie gasförmig ist, nur ein Volum einnehmen, welches dem des ersten Gases gleich ist. Dies findet nun thatsächlich im Allgemeinen nicht statt. Beispielsweise ist das Volum des gasförmigen Wassers, wie *Gay-Lussac* gezeigt hat, doppelt so gross, als das des enthaltenen Sauerstoffs, oder, was dasselbe ist, dem des Wasserstoffs, statt des Sauerstoffs, gleich. Hier bietet sich aber sehr naturgemäss ein Mittel dar, diese und ähnliche Thatsachen in Uebereinstimmung mit unserer Hypothese zu erklären: es ist die Annahme, dass die constituirenden Molekeln[4]) eines einfachen Gases, d. h. diejenigen, welche sich in solcher Entfernung befinden, dass sie keinen Einfluss auf einander ausüben, nicht aus

einzelnen elementaren Molekeln bestehen, sondern aus einer bestimmten Anzahl solcher, welche durch die Anziehung zu einer vereinigt sind, und dass, wenn die Molekeln eines anderen Stoffes sich mit diesen verbinden, um zusammengesetzte Molekeln zu bilden, die entstehende Molekel[5]) sich in zwei oder mehrere Theile [**61**] oder integrirende Molekeln theilt, welche aus der Hälfte, einem Viertel u. s. w. der Anzahl der elementaren Molekeln, welche die constituirende Molekel des ersten Stoffes bilden, verbunden mit der Hälfte, einem Viertel u. s. w. der Anzahl der Molekeln des zweiten Stoffes bestehen, welche sich mit der ganzen Molekel, oder, was auf dasselbe herauskommt, mit einer entsprechenden Anzahl halber, viertel u. s. w. Molekeln des zweiten Stoffes verbinden, so dass die Zahl der integrirenden Molekeln der Verbindung das Doppelte, Vierfache u. s. w. des Werthes erhält, den sie vor der Theilung hätte haben müssen, und gleich der wird, welche erforderlich ist, um dem Volum des entstehenden Gases zu entsprechen*).

Ueberschaut man die bekannteren gasförmigen Verbindungen, so findet man nur Beispiele von Verdoppelung des Volums in Bezug auf das Volum des Bestandtheils, welcher sich mit einem oder mehreren Volumen des anderen verbindet, wie das schon beim Wasser gezeigt wurde. Ebenso ist bekanntlich das Volum des Ammoniaks das Doppelte von dem des enthaltenen Stickstoffs. Herr *Gay-Lussac* hat ferner gezeigt, dass das Volum des Stickoxyduls gleich dem des Stickstoffs ist, welches es enthält, und daher gleich dem Doppelten des Sauerstoffs. Endlich hat das Salpetergas, welches gleiche Volume von Sauerstoff und Stickstoff enthält, ein Volum, welches gleich der Summe der Volume beider Bestandtheile, d. h. gleich dem doppelten Volum jedes einzelnen ist. Daher muss in jedem Falle eine Theilung der Molekel in zwei stattfinden, doch ist es möglich, dass in anderen Fällen die Theilung in vier, acht u. s. w. stattfindet. Die Möglichkeit einer solchen Theilung der zusammengesetzteren Molekeln kann sogar a priori vermuthet werden, denn ohne dies würden die integrirenden Molekeln der Stoffe, welche aus mehreren Bestandtheilen nach einer etwas beträchtlicheren Anzahl von Atomen zusammengesetzt sind, von einer excessiv grossen Masse im Verhältniss zu den Molekeln der Elemente

---

*) So wird z. B. die integrirende Molekel des Wassers aus einer halben Molekel Sauerstoff und einer Molekel, oder, was dasselbe ist, zwei halben Molekeln Wasserstoff bestehen.

werden; man könnte daher denken, dass die Natur ein Mittel besitzt, um sie in die Grössenordnung der letzteren zurücktreten zu lassen, und die Thatsachen weisen uns auf die Existenz dieses Mittels hin [6]). Ueberdies scheint eine andere Betrachtung uns in einzelnen Fällen zu der Annahme einer derartigen Theilung zu zwingen, denn wie kann man sonst eine wirkliche Verbindung zweier gasförmiger Stoffe begreifen, welche sich zn gleichen Volumen ohne Verdichtung verbinden, so wie sie [62] bei dem Salpetergas stattfindet? Bleiben die Molekeln in derselben Entfernung, bei welcher die gegenseitige Anziehung der Molekeln der einzelnen Stoffe sich nicht bethätigen kann, so darf man nicht annehmen, dass eine neue Anziehung zwischen den Molekeln der einen und der anderen stattfindet, in der Annahme einer Theilung sieht man aber, dass durch die Verbindung thatsächlich zwei Molekeln auf eine reducirt werden, und dass eine Contraction im Betrage des ganzen Volums eines der Gase stattfände, wenn nicht jede zusammengesetzte Molekel in zwei einzelne Molekeln von derselben Natur zerfiele. Herr *Gay-Lussac* hat wohl gesehen, dass nach den Thatsachen die Volumverminderung bei der Verbindnng der Gase die Annähernng ihrer Molekeln nicht darstellen kann. Die Theilung der Molekeln erklärt, wie diese beiden Dinge unabhängig von einander gemacht werden können.

III.

Herr *Dalton* hat nach willkürlichen Annahmen, die ihm die natürlichsten über die relative Anzahl der Molekeln in den Verbindungen schienen, sich bemüht, das Verhältniss der Massen der Molekeln der einfachen Stoffe zu ermitteln. Nehmen wir unsere Hypothese als begründet an, so setzt sie uns in den Stand, seine Ergebnisse zu bestätigen oder nach genauen Daten zu berichtigen, nnd insbesondere die Grösse der zusammengesetzten Molekeln nach den Volumen der zusammengesetzten Gase anzugeben, welche zum Theil von der Theilung der Molekeln abhängen, von der dieser Physiker keine Idee hatte.

So hatte *Dalton* angenommen*), dass das Wasser sich

*) In dem Folgenden halte ich mich an die Darstellung von *Dalton*'s Ideen, wie *Thomson* sie uns in seinem System der Chemie dargelegt hat.

durch die Vereinigung von Molekel für Molekel aus dem Sauerstoff und Wasserstoff bilde. Daraus würde folgen, dass nach dem Verhältniss der Gewichte dieser beiden Bestandtheile sich die Masse einer Molekel Sauerstoff zu der einer Molekel Wasserstoff sich ungefähr wie $7\frac{1}{2}$ zu 1 oder nach *Dalton*'s Bestimmungen wie 6 zu 1 verhält. Nach unserer Hypothese ist das Verhältniss doppelt so gross, nämlich 15 zu 1, wie oben gezeigt wurde. Was die Molekel des Wassers betrifft, so musste ihre Masse durch etwa $15 + 2 = 17$ ausgedrückt werden, die des Wasserstoffs gleich Eins genommen, wenn nicht eine Theilung in zwei stattfände; wegen dieser Theilung aber reducirt sie sich auf die Hälfte $8\frac{1}{2}$, oder genauer 8·537, [**63**] wie man auch unmittelbar findet, wenn man die Dichte des Wasserdampfes, 0·625 nach *Gay-Lussac*, durch die Dichte des Wasserstoffs, 0·0732 dividirt. Diese Masse unterscheidet sich von 7, welchen Werth *Dalton* ihr zuschreibt, nur durch den Unterschied in der Bestimmung der Zusammensetzung des Wassers; so dass in dieser Beziehung *Dalton*'s Ergebniss nahezu richtig ist, weil zwei von ihm begangene Fehler sich compensiren, der über die Masse der Sauerstoffmolekel und die Nichtberücksichtigung der Theilung.

Dalton nimmt an, dass im Salpetergas[7]) Sauerstoff und Stickstoff Molekel für Molekel verbunden sind; wir haben gesehen, dass das nach unserer Hypothese thatsächlich der Fall ist. Somit hätte *Dalton* dieselbe Masse wie wir für den Stickstoff gefunden, Wasserstoff als Einheit gesetzt, wenn er nicht von einer abweichenden Bestimmung der Masse des Sauerstoffs ausgegangen wäre und wenn er genau dieselbe Bestimmung der Elemente des Salpetergases nach Gewicht benutzt hätte; da er aber die Molekel des Sauerstoffs nur halb so gross ansah, wie wir, so hätte er auch die des Stickstoffs halb so gross ansetzen dürfen, wie wir, nämlich 5 statt 13. Was die Molekel des Salpetergases anlangt, so nähert die Vernachlässigung der Theilung nach *Dalton*'s Ergebniss dem unseren; er hat es $6 + 5 = 11$ gesetzt, während es nach uns $\frac{15 + 13}{2} = 14$ ungefähr beträgt, oder genauer $\frac{15{\cdot}074 + 13{\cdot}238}{2} = 14{\cdot}156$, wie man es auch findet, wenn man 1·03636, die Dichte des Salpetergases nach *Gay-Lussac*, mit 0·07321 dividirt. Ferner hat *Dalton* auf dieselbe Weise, welche die Thatsachen uns ergeben haben, die Zusammen-

setzung des Stickstoffoxydes nnd der Salpetersäure angegeben, und derselbe Umstand hat das Ergebniss für die Grösse der Molekel in Bezug auf das erste verbessert; er macht sie $6 + 2 \times 5 = 16$, während sie nach uns $\frac{15 \cdot 074 + 2 \times 13 \cdot 238}{2} = 20 \cdot 775$ sein muss, eine Zahl, welche man auch durch Division von 1·52092, der Dichte des Stickstoffoxydes nach *Gay-Lussac*, mit der des Wasserstoffs dividirt.

Was das Ammoniak anlangt, so wäre die Annahme *Dalton*'s über die relative Anzahl der Molekeln in seiner Zusammensetzung nach unserer Annahme ganz fehlerhaft; er nimmt hier Stickstoff und Wasserstoff Molekel für Molekel verbnnden an, während wir gesehen haben, dass eine Molekel Stickstoff sich mit drei Molekeln Wasserstoff vereinigt. Nach ihm wäre die Molekel des Ammoniaks $5 + 1 = 6$, nach uns [**64**] muss sie $\frac{13 + 3}{2} = 8$, oder genauer 8·119 betragen, wie das auch nnmittelbar aus der Gasdichte des Ammoniaks abgeleitet werden kann. Die Theilung der Molekel, welche *Dalton* nicht berücksichtigt hat, verbessert wieder theilweise die Irrthümer seiner anderen Annahmen.

Alle Verbindungen, welche eben erwähnt wurden, entstehen durch die Vereinigung einer Molekel des einen Stoffes mit einer oder mehreren des andern. Die salpetrige Säure zeigt nns eine andere Verbindungsweise der beiden erwähnten Stoffe, in welchen beide Glieder des Verhältnisses zwischen den Zahlen der Molekeln verschieden von der Einheit sind. Denn es folgt aus den Versuchen von *Gay-Lussac* in dieser Beziehung (in demselben Bande der Mém. de la Soc. d'Arcneil), dass die Säure aus einem Volum Sauerstoff und drei Volnmen Salpetergas, oder, was dasselbe ist, aus drei Theilen Stickstoff und fünf Sanerstoff gebildet ist [8]), worans nach nnserer Hypothese folgen würde, dass die Molekel derselben, abgesehen von aller möglichen Theilung, aus drei Molekeln Stickstoff nnd fünf Sauerstoff zusammengesetzt sein müsse; man kann indessen diese Verbindnngsform auf die frühere einfache zurückführen, wenn man sie als das Resultat der Vereinigung einer Molekel Sauerstoff mit drei Molekeln Salpetergas betrachtet, d. h. mit drei Molekeln, von denen jede aus einer halben Molekel Sanerstoff nnd einer halben Molekel Stickstoff besteht, was die Theilnng einiger der Sanerstoffmolekeln bedingt, welche in die Molekel des Salpetergases eingehen. Setzt

man keine andere Theilung voraus, so wird die Masse der letzteren Molekel 57·542, die des Wasserstoffs als Einheit genommen, und die Dichtigkeit der salpetrigen Säure wäre 4·21267, die der Luft gleich Eins gesetzt; indessen ist es wahrscheinlich, dass zum mindesten eine weitere Theilung in zwei und daher eine Reduction der Dichte auf die Hälfte stattfindet; hier muss man eine Bestimmung der Dichte durch den Versuch abwarten.

IV.

Betrachten wir noch einige andere Verbindungen, welche uns nach unserer Hypothese wenigstens vermuthungsweise Kenntnisse über die relativen Massen der Molekeln und über deren Zahl in den Verbindungen geben können, und vergleichen sie mit *Dalton*'s Annahmen.

Herr *Gay-Lussac* hat gezeigt, dass nach der Annahme, die wasserfreie Schwefelsäure [**65**] bestehe aus 100 Schwefel und 138 Sauerstoff dem Gewichte nach, wie die letzten Arbeiten der Chemiker es ergeben haben, und dass die Dichte der schwefligen Säure die 2·265fache der Luft ist, wie *Kirwan* gefunden hat, und dass endlich die Schwefelsäure aus zwei Theilen schwefliger Säure und einem Theil Sauerstoff dem Volum nach zusammengesetzt sei, wie das aus den Versuchen *Gay-Lussac*'s folgt, dass dann das Volum der schwefligen Säure sehr nahe gleich dem des Sauerstoffs sei, welcher darin enthalten ist; diese Gleichheit würde sich genau ergeben, wenn die Grundlagen der Berechnung es wären. Nimmt man die Bestimmung von *Kirwan* als genau an und setzt den Irrthum in die Analyse der Schwefelsäure, so findet man, dass in der schwefligen Säure dem Gewicht nach 100 Theile Schwefel 95·02 Theile Sauerstoff aufnehmen und daher die Schwefelsäure $95{\cdot}02 + \frac{95{\cdot}02}{2} = 142{\cdot}53$ an Stelle von 138. Setzt man umgekehrt die Analyse der Schwefelsäure als richtig voraus, so folgt, dass die schweflige Säure 92 Sauerstoff auf 100 Schwefel enthält und ihr specifisches Gewicht 2·30314 sein müsste, statt 2·265.

Eine Ueberlegung scheint uns die erste Möglichkeit nahezulegen, bis die Dichte des Schwefligsäuregases neu bestimmt ist; dass nämlich in der Bestimmung der Zusammensetzung der Schwefelsäure eine Fehlerquelle untergelaufen ist, welche die

Menge des Elements vergrössert, die des Sauerstoffs verkleinert hat. Diese Bestimmung wurde nach der Menge der gebildeten trockenen Schwefelsäure ausgeführt. Nun scheint es fast sicher, dass der gewöhnliche Schwefel Wasserstoff enthält; man hat somit zum Gewicht des Elements das des enthaltenen Wasserstoffs gerechnet, welcher sich bei der Operation in Wasser hat verwandeln müssen. Ich nehme daher an, dass die schweflige Säure aus 95·02 Sauerstoff statt 92 auf 100 Schwefel, oder vielmehr des Elements der Schwefelsäure, besteht *).

[66] Um nun die Masse der Molekel des Schwefel-Elements zu bestimmen, müsste man wissen, in welchem Volumverhältniss das gasförmig gedachte Element sich mit Sauerstoff zur Bildung der schwefligen Säure verbindet. Die Analogie der anderen, eben besprochenen Verbindungen, bei denen im Allgemeinen eine Verdoppelung des Volums oder eine Theilung der Molekeln in zwei stattfindet, führt uns zur Annahme, dass das Gleiche hier erfolgt, d. h. dass das Volum des Schwefelgases die Hälfte von dem der schwefligen Säure und somit auch des eintretenden Sauerstoffs ist. Nach dieser Voraussetzung verhält sich die Dichte des Schwefelgases zu der des Sauerstoffs wie 100 zu $\frac{95 \cdot 02}{2}$ oder 47·51, was 2·323 für diese Gasdichte des Schwefels, auf Luft = 1 bezogen, ausmacht. Die Massen der Molekeln wären nach der Annahme im gleichen Verhältniss wie die Dichten der Gase, denen sie zugehören, und die Masse einer Molekel des Schwefel-Elements verhielte sich zu der des Wasserstoffs wie 2·323 zu 0·07321 oder wie 31·73 zu 1. Eine dieser Molekeln, nach dem Gesagten mit zwei Molekeln Sauerstoff verbunden, würde die schweflige Säure bilden (abgesehen von der Theilung) und mit noch einer Molekel Sauerstoff die Schwefelsäure. Darnach wäre in Bezug auf die relative Zahl der zusammensetzenden Molekeln die schweflige Säure analog der

*) Dies war geschrieben, bevor ich die Abhandlung von Herrn *Davy* über die Chlorsäure gesehen hatte, welche gleichfalls neue Versuche über Schwefel und Phosphor enthält. Er bestimmt dort die Dichte der schwefligen Säure und findet sie nur 2·0967, was den hier gemachten Ueberlegungen eine weitere Unterstützung liefert. Nimmt man diese Dichte an, so findet man, dass in der schwefligen Säure 100 Theile Schwefel 111 Theile Sauerstoff dem Gewicht nach aufnehmen, und in der Schwefelsäure 167 statt 138; möglicherweise ist aber die Dichte der schwefligen Säure nach *Davy* nach der Minus-Seite fehlerhaft.

Salpetersäure, und die Schwefelsäure hätte beim Stickstoff kein Analogon. Die Molekel der schwefligen Säure ist mit Rücksicht auf die Theilung gleich $\frac{31{\cdot}73 + 2 \times 15{\cdot}074}{2}$ oder 30·94, wie man auch unmittelbar durch Division der Dichte 2·265 der schwefligen Säure durch die des Wasserstoffs findet. Was die der Schwefelsäure anlangt, so kann man sie noch nicht bestimmen, weil man nicht weiss, ob bei der Bildung der Molekel eine weitere Theilung stattfindet oder nicht*).

*) Herr *Davy* hat in seiner angeführten Abhandlung dieselben Annahmen über die relative Anzahl der Sauerstoffatome in den Molekeln der schwefligen und der Schwefelsäure gemacht. Geht man übrigens von der Bestimmung der Dichte des Schwefligsäuregases aus, so findet man die des Elementes Schwefel 1·9862 und seine Molekel gleich 27·13, wenn die des Wasserstoffs 1 ist. *Davy* stellt sie durch eine ähnliche Rechnung auf etwa die Hälfte, 13·7, fest, weil er nach der Annahme von *Dalton* die Molekel des Sauerstoffs halb so gross wie wir setzt.

Er findet nahezu dieselbe Masse, nämlich 13·4, von der Dichte des Schwefelwasserstoffgases ausgehend, welche nach seinen Versuchen 1·0645, wenig abweichend von *Kirwan*'s Angabe beträgt, indem er annimmt, dass das Gas (welches bekanntlich ein gleiches Volum Wasserstoff mit Schwefel verbunden enthält) aus einer Molekel Wasserstoff und einer Schwefel besteht. Da wir die Molekel des Schwefels etwa doppelt so gross ansehen, so müssen wir annehmen, dass es aus einem Volum des Elements, verbunden mit mindestens zwei Volumen Wasserstoff besteht, und dass sein Volum, wie in den anderen Fällen, doppelt so gross ist, wie das des gasförmigen Elements. Ich sage wenigstens mit zwei Volumen Wasserstoff, denn, wenn der gewöhnliche Schwefel bereits Wasserstoff enthält, wie die bekannten Versuche mit diesem Stoff es andeuten, so müsste diese Menge zugefügt werden. Wenn beispielsweise der gewöhnliche Schwefel aus einer Molekel des Elements und einer Molekel Wasserstoff bestände, so enthielte der Schwefelwasserstoff drei Molekeln Wasserstoff und eine des Elements. Dies liesse sich entscheiden durch den Vergleich der Dichte des Schwefelwasserstoffs und des Schwefligsäuregases, wenn man beide genau wüsste. Setzt man z. B. die des Schwefelwasserstoffs nach *Davy* als richtig an, so betrüge die Molekel des Elements, wenn der Schwefelwasserstoff nur zwei Wasserstoff enthält, 27·08, Wasserstoff gleich 1 gesetzt; nimmt man dagegen drei Wasserstoffatome an, so wäre 27·08 noch die Summe von einer Molekel des Elements und einer Wasserstoff, und erstere verkleinerte sich daher auf 26·08. Wenn die als genau angesehene Dichte des Schwefligsäuregases die eine oder die andere Zahl bestätigte, wäre dadurch auch die entsprechende Annahme bestätigt; man ist aber über die Dichten noch nicht genügend einig, um in dieser Hinsicht aus den bisherigen Dichtebestimmungen irgend welche Schlüsse zu ziehen.

[67] *Dalton* hatte angenommen, dass die Schwefelsäure aus zwei Molekeln Sauerstoff und einer des Elements, und die schweflige Säure aus einer Molekel Sauerstoff und einer Schwefel zusammengesetzt sei. Die beiden Annahmen sind nach den Ergebnissen *Gay-Lussac*'s unvereinbar, da nach diesen die Mengen des Sauerstoffs auf gleiche Mengen des Elements sich wie 1 zu $1^1/_2$ verhalten. Er ist zudem bei der Bestimmung der Molekel von einer falschen Bestimmung der Zusammensetzung der Schwefelsäure ausgegangen, und nur durch einen Zufall steht die Masse 15, welche er ihr zuschreibt, mit der Masse der Sauerstoffmolekel nach ihm in einem Verhältniss, welches dem der entsprechenden Massen nach unserer Hypothese nahe kommt.

Der Phosphor hat so viel Aehnlichkeit mit dem Schwefel, dass man annehmen zu müssen scheint, in der Phosphorsäure seien drei Molekeln Sauerstoff gegen eine des Elements und in der phosphorigen Säure nur zwei Molekeln Sauerstoff auf eine des Elements vorhanden [9]). Man kann nach dieser Annahme die Masse der Phosphormolekel annähernd bestimmen. *Rose* hat nach einer Methode, welche der für die Schwefelsäure benutzten ähnlich ist [68], gefunden, dass die Phosphorsäure gegen 115 Gewichtstheile Sauerstoff auf 100 Phosphor enthält. Es muss darin noch etwas mehr Sauerstoff enthalten sein, wenn man annimmt, dass der Phosphor ähnlich wie der Schwefel Wasserstoff enthalte; wir können annähernd diese Vergrösserung in demselben Verhältniss bestimmen, wie wir es bei der Schwefelsäure nach dem specifischen Gewicht des Schwefligsäuregases gemacht haben, und erhalten dadurch die Sauerstoffmenge gleich 120. Darnach findet man unserer Hypothese entsprechend, dass die Masse einer Molekel des Phosphor-Elements etwa 38 beträgt, Wasserstoff gleich 1 gesetzt. *Dalton* hat für die phosphorige und Phosphorsäure ähnliche Annahmen gemacht, wie für die schweflige und Schwefelsäure, da er aber von abweichenden Analysen dieser Säuren ausgegangen ist, gelangte er zu einer Bestimmung der Molekel dieses Stoffes, welche nicht einmal mit der des Schwefels nach ihm in demselben Verhältniss steht, wie es nach uns zwischen beiden Molekeln besteht; er hat die des Phosphors auf 8 bestimmt, Wasserstoff gleich 1 gesetzt *).

---

*) Herr *Davy* hat für die Zahl der Sauerstoffmolekeln und der des Elements in der phosphorigen und Phosphorsäure dieselben Annahmen gemacht, wie wir; indem er weiter überall die Molekel des

Sehen wir nun zu, welche Vermuthung wir uns über die Molekelmasse eines Stoffes bilden können, der in der Natur eine viel grössere Rolle spielt, als Schwefel und Phosphor, nämlich des Kohlenstoffs. Da es sicher ist, dass das Volum der Kohlensäure gleich dem des darin enthaltenen Sauerstoffgases ist, so ist man, wenn man annimmt, dass das Volum des Kohlenstoffs, der den andern Bestandtheil ausmacht, gasförmig gedacht, sich durch Theilnng der Molekel in zwei verdoppelt, wie in verschiedenen derartigen Verbindungen, genöthigt anzunehmen, dass dieses Volum halb so gross ist, als das des Sauerstoffgases, mit dem es sich verbindet, und dass folglich die Kohlensäure durch die Vereinigung einer Molekel Kohlenstoff mit zwei Molekeln Sauerstoff entsteht, und so ein Analogon zur schwefligen und phosphorigen Sänre bildet, nach unsern bisherigen Voraussetzungen. In [**69**] diesem Falle findet man, nach dem Gewichtsverhältniss zwischen Sauerstoff und Kohlenstoff, dass die Dichte des Kohlenstoffgases 0·832 sein würde, die Dichte der Luft als Einheit gesetzt, und die Masse seiner Molekel 11·36, die Wasserstoffmolekel als Einheit gesetzt. Dieser Annahme stellt sich indessen eine Schwierigkeit entgegen, nämlich dass der Molekel des Kohlenstoffs eine geringere Masse znertheilt würde, als der des Stickstoffs oder Sauerstoffs, während man doch geneigt wäre, die Festigkeit seiner Vereinigung bei den höchsten Temperaturen der beträchtlicheren Molekelmasse zuzuschreiben, wie sich solches bei den Elementen Schwefel und Phosphor zeigt. Man würde zu einem diese Schwierigkeit beseitigenden Ergebniss gelangen, wollte man bei der Bildung der Kohlensäure eine Theilung der Molekel in vier oder selbst acht annehmen; denn alsdann würde die Molekel des Kohlenstoffs doppelt oder vierfach so gross sein, als die soeben besprochene. Aber diese Verbindung würde kein Analogon finden unter den andern Säuren; und übrigens scheint die Gasgestalt andern, Beispielen zufolge, die wir davon haben, nicht einzig und allein von der Grösse der Molekel, sondern auch von irgend einer andern unbekannten Eigenschaft der Stoffe abzuhängen. So sehen wir, dass die schweflige Säure mit einer recht beträchtlichen Mo-

---

Sauerstoffs etwa halb so gross setzt, wie wir, findet er 16·5 für die des Phosphors, was nach unserer Rechnung 33 ungefähr geben würde, statt 38. Der Unterschied rührt daher, dass *Davy* nach seinen Versuchen den Sauerstoffgehalt der Phosphorsäure zu 34 auf 25, also zu 136 auf 100 annimmt, während wir 120 angenommen haben; spätere Versuche werden diesen Punkt aufklären.

lekel, die fast der des Schwefelelements, welches fest ist, gleichkommt, bei gewöhnlichem Druck und gewöhnlicher Temperatur der Atmosphäre gasförmig ist. Chlorgas hat eine noch grössere Dichte und natürlich auch Molekelmasse. Das Qnecksilber, das, wie wir weiter nnten sehen werden, eine ausserordentlich grosse Molekel haben mnss, ist trotzdem bei einer unendlich niedrigeren Temperatur gasförmig als das Eisen, dessen Molekel weniger beträchtlich ist. Also hindert uns nichts, dass wir die Kohlensäure als auf die oben erläuterte Art zusammengesetzt ansehen nnd folglich als analog der Salpeter-, schwefligen und phosphorigen Säure und die Molekel des Kohlenstoffs als eine Masse, ausgedrückt durch die Zahl 11·36.

Dalton hat dieselbe Annahme wie wir über die Zusammensetzung der Kohlensäure gemacht und ist dadurch bewogen worden, dem Kohlenstoffe eine Molekel von 4·4 zuzuertheilen, welche zu der des Sauerstoffgases, nach ihm, in fast demselben Verhältnisse steht wie 11·36 : 15, der Masse der Sauerstoffmolekel nach uns.

Indem man die angegebene Masse und Dichtigkeit der Molekel des Kohlenstoffs und dem Gase dieses Stoffes zn Grnnde legt, wird das Kohlenoxydgas, gemäss den Versuchen des Herrn *Gay-Lussac*, ans gleichen Volnmtheilen Kohlenstoffgas nnd Sauerstoffgas gebildet [**70**] und sein Volum gleich der Summe der Volumina seiner Bestandtheile sein; folglich wird es aus Kohlenstoff nnd Sauerstoff durch Vereinigung von Molekel mit Molekel, nach einer Theilnng in zwei, entstanden sein; dies alles in vollständiger Analogie mit dem Salpetergase.

Die Masse der Molekel der Kohlensänre würde sein $\frac{11\cdot36 + 2\cdot15\cdot074}{2} = 20\cdot75 = \frac{1\cdot5196}{0\cdot07321}$ und die des Kohlenoxydgases $\frac{11\cdot36 + 15\cdot074}{2} = 13\cdot22 = \frac{0\cdot96782}{0\cdot07321}$.

V.

Unter den einfachen, nicht metallischen Stoffen bleibt uns noch einer zu besprechen übrig, der, in gewöhnlichem Zustande gasförmig, nach unsern Principien keinen Zweifel über seine Molekelmasse obwalten lassen kann, in Betreff dessen uns jedoch die Untersuchungen des Herrn *Davy* und auch die früheren der Herren *Gay-Lussac* und *Thenard* zwingen, von

den bisher festgehaltenen Ideen abzuweichen, wiewohl die letzten beiden Chemiker noch versucht haben, dieselben auf Grund dieser Ideen zu erklären. Man begreift wohl, dass es sich um den Stoff handelt, der bisher unter dem Namen der oxygenirten Salzsäure [10]) bekannt ist. In der That kann man bei dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnisse diesen Stoff nur noch als nicht zusammengesetzt, und die Salzsäure als eine Verbindung dieses Stoffes mit Wasserstoff betrachten. Wir wollen nun nach dieser Theorie unsere Principien über die Verbindungen bei diesen beiden Stoffen zur Anwendung bringen.

Die Dichte der oxygenirten Salzsäure ist nach den Herren *Gay-Lussac* und *Thenard* 2·470, die der atmosphärischen Luft als Einheit genommen; das ergiebt für seine Molekel, Wasserstoff gleich 1 gesetzt, 33·74, wenn man von der durch die Herren *Biot* und *Arago* bestimmten Dichte des Wasserstoffgases ausgeht. Nach *Davy* wiegen 100 englische Kubikzoll oxygenirten Salzsäuregases 74·5 Gran, während nach demselben ein gleiches Volum Wasserstoffgas 2·27 wiegt. Das würde für die Molekel dieses Stoffes $\frac{74{\cdot}5}{2{\cdot}27} = 32{\cdot}82$ ergeben. Diese beiden Bestimmungen sind sehr wenig von der Masse verschieden, die Herr *Davy* selbst diesem Stoffe nach andern Ueberlegungen zuertheilt, nämlich 32·9. Es geht soviel aus den Untersuchungen von [71] *Gay-Lussac* und *Thenard* sowie aus denen von *Davy* hervor, dass das Salzsäuregas durch Vereinigung gleicher Volumina von oxygenirtem Salzsäure- und Wasserstoffgas gebildet und sein Volum gleich ihrer Summe ist; das heisst, nach unserer Hypothese, dass die Salzsäure durch Vereinigung dieser beiden Stoffe, Molekel für Molekel, entsteht, nach Theilung der Molekel in zwei, wovon wir schon so viele Beispiele gehabt haben. Danach müsste die Dichte des Salzsäuregases, wenn man von der oben angeführten des oxygenirten Salzsäuregases ausgeht, 1·272 sein; sie ist 1·278 nach den Untersuchungen der Herren *Biot* und *Gay-Lussac*. Nimmt man diese letzte Bestimmung als genau an, so müsste die Dichte des oxygenirten Salzsäuregases 2·483 und die Masse seiner Molekel 33·91 sein. Will man dieser Berechnung den Vorzug geben, so wird die Masse der Salzsäuremolekel $\frac{34{\cdot}91}{2} = 17{\cdot}45 = \frac{1{\cdot}278}{0{\cdot}07321}$ sein. Die Bestimmung des specifischen Gewichts des Salzsäuregases durch *Davy*, wonach 100 Kubikzoll dieses Gases 39 Gran wiegen,

ergab wenig verschiedene Zahlen, nämlich 33·36 für die Masse der oxygenirten Salzsäuremolekel und 17·18 für die der Salzsäuremolekel.

VI.

Bringen wir nun unsere Hypothese bei einigen metallischen Stoffen zur Anwendung. Herr *Gay-Lussac* nimmt an, dass das Quecksilberoxyd ‚im Minimum', bei dessen Bildung 100 Gewichtstheile Quecksilber nach *Fourcroy* und *Thenard* 4·16 Teile Sauerstoff erfordern, analog dem Stickstoffoxydul ist, das heisst, dass das Quecksilber, gasförmig gedacht, sich mit der Hälfte seines Volums Sauerstoffgas verbindet, was bei unserer Hypothese darauf hinauskommt, dass eine Sauerstoffmolekel sich mit zwei Quecksilbermolekeln verbindet. In diesem Falle müsste sich die Dichte des Quecksilbergases zu der des Sauerstoffgases wie 100 : 8·32 verhalten, was für diese Dichte 13·25 ausmachen würde, die Luft als Einheit genommen; und für die Masse der Quecksilbermolekel 181, Wasserstoff gleich 1 gesetzt. Nach dieser Annahme müsste das Quecksilberoxyd ‚im Maximum', das doppelt soviel Sauerstoff enthält, durch Vereinigung von Sauerstoff und Quecksilber, Molekel für Molekel, gebildet sein; aber einige Gründe bringen mich auf die Vermuthung, dass dies das Oxyd ‚im Minimum' ist, das im letzten Falle entsteht, und dass beim Oxyd ‚im Maximum' eine Molekel Quecksilber zwei Molekel Sauerstoff bindet. Dann werden die Dichte des Quecksilbergases [**72**] und die Masse seiner Molekel doppelt so gross sein, als sie nach der vorigen Hypothese waren, nämlich die erste $26^1/_2$ und die letzte 362 [11]). Ich stütze mich in dieser Hinsicht auf Analogien, die von andern Metallen und namentlich vom Eisen hergenommen sind. Es folgt aus den sorgfältig von *Hassenfratz* bearbeiteten Untersuchungen verschiedener Chemiker, dass die beiden am meisten bekannten Oxyde des Eisens, das schwarze und das rothe, zusammengesetzt sind, das eine aus 31·8, das andere aus ungefähr 45 Gewichtstheilen Sauerstoff und 100 Theilen Eisen. Man sieht, dass die zweite dieser beiden Sauerstoffmengen fast ein und ein halbes Mal so gross ist, wie die erste, so dass man naturgemäss auf die Vermuthung gebracht wird, dass in dem ersten Oxyde sich eine Molekel Eisen mit zwei Molekeln Sauerstoff verbindet und im zweiten mit drei Molekeln. Ist dieses der Fall, so würde,

wenn man die eben angeführte Proportion für das schwarze Oxyd als genauer betrachtet, die des rothen 47·7 auf 100 Theile Eisen sein, welche sich sehr dem unmittelbar durch *Proust* gefundenen Verhältniss von 48 auf 100 nähert. In diesem Falle wird die Masse einer Eisenmolekel sich zu der einer Sauerstoffmolekel verhalten wie 100 : 15·9, was für diese Masse ungefähr 94 giebt, Wasserstoff gleich 1 gesetzt. Es scheint hiernach, als ob es ein anderes Eisenoxyd geben müsse, welches 15·9 Theile Sauerstoff auf 100 Eisen enthält; und dies ist vielleicht das weisse Eisenoxyd, wiewohl die bisher bekannten Untersuchungen ihm ein grösseres Sauerstoffverhältniss zuschreiben. Nun scheinen die beiden Quecksilberoxyde, über die wir gesprochen haben und von denen das eine doppelt soviel Sauerstoff enthält als das andere, Analoga zu diesem letzten und dem schwarzen Eisenoxyd sein zu sollen, während das rothe Oxyd wohl keine Analogie für das Quecksilber bieten wird.

Die andern Metalle weisen meistentheils ebenfalls zwei Oxyde auf, in denen die Sauerstoffmengen sich wie 1 : 2 verhalten, und man kann, nach den Gewichtsverhältnissen ihrer Bestandtheile, auf dieselbe Art ihre Molekelmassen bestimmen. Ich finde z. B. 206 für die Molekel des Bleies, 198 für die des Silbers, 123 für die des Kupfers etc. *)

---

*) Ich möchte hier einige Worte über die Molekel des Kaliums hinzufügen. *Davy* hat in der Voraussetzung, dass das Kali durch Vereinigung von Kalium mit Sauerstoff, Molekel für Molekel, gebildet ist, die Kaliummolekel zu 40·5 bestimmt, nach der Gewichtsmenge Sauerstoff, deren dieser Stoff bedarf, und in der Annahme, dass die Sauerstoffmolekel 7·5 sei. Indem wir diese letzte Molekel, wie wir gethan haben, ungefähr verdoppeln, wird die des Kaliums auch verdoppelt werden, nämlich ungefähr 81, wenn wir im übrigen den Annahmen *Davy*'s folgen; aber es wäre möglich, dass im Kali eine Kaliummolekel zwei Sauerstoffmolekeln bindet, und in diesem Falle müsste man die erste nochmals verdoppeln und sie gleich 162 setzen; es wäre auch möglich (denn die von andern Metallen hergenommene Analogie könnte hier kein sicherer Führer sein), dass zwei Molekeln Kalium neben einer Molekel Sauerstoff vorhanden sind, was die des Kaliums auf 40·5 zurückführen würde.

Davy theilt diesen letzten Werth der Kaliummolekel zu und findet, aus der Zusammensetzung des salzsauren Kali, 32·9 für die der oxygenirten Salzsäure, indem er auch dieses Salz als Verbindung einer Kaliummolekel mit einer Säuremolekel betrachtet. Wenn man der Kaliummolekel eine andere Masse zuertheilt, so wird man eine andere relative Molekelzahl in dem salzsauren Salz annehmen müssen, da ja 32·9 fast genau nach unserer Hypothese und nach der Dichte des oxygenirten Salzsäuregases die Molekel dieses Gases ist. Wenn

[73] VII.

Wir wollen nun unsere Principien noch auf einige salzartige Verbindungen anwenden. Dies wird uns Gelegenheit gewähren, einen in der Theorie der Verbindungen wichtigen Punkt der Prüfung zu unterziehen. Herr *Gay-Lussac* hat gezeigt, dass das neutrale kohlensaure, fluorborsaure und salzsaure Ammoniak aus gleichen Volumen ihrer bezüglichen Säuren und Ammoniakgas zusammengesetzt sind. Verweilen wir bei der Betrachtung des kohlensauren Salzes. Nach unserer Hypothese wird dieses Salz zusammengesetzt sein aus einer Molekel Kohlensäure und einer Molekel Ammoniak, das heisst, nach unsern früheren Berechnungen und abgesehen von jeder Theilung, aus einer Molekel Kohlenstoff, zwei Sauerstoff, einer Stickstoff und drei Wasserstoff, was für die Masse seiner Molekel 57·75 ausmachen würde; nimmt man jedoch eine Theilung in zwei an, die ja schon bei den Componenten stattgefunden hat, so würde sich die Molekel auf 28·87 reduciren; sie würde sich nochmals um die Hälfte dieser Zahl vermindern, falls eine neue Theilung bei der Vereinigung von Säure und Alkali stattgehabt hat.

Herr *Gay-Lussac* hat die Vermuthung ausgesprochen, dass Volumgleichheit zwischen Alkali und Säure, im Gaszustande, bei der Bildung eines neutralen Salzes allgemein vorhanden sein könne. Das würde nach unserer Hypothese darauf hinauskommen, dass alle neutralen Salze aus Säure und Alkali, Molekel für Molekel, zusammengesetzt sind; aber einige Ueberlegungen scheinen sich der allgemeinen Giltigkeit dieses Princips entgegenzustellen. Die den Erscheinungen am meisten entsprechende Idee, [**74**] die man sich über die Acidität, Alkalinität und Neutralität bilden kann, scheint mir noch diejenige zu sein, welche ich in meiner Abhandlung über diesen Gegenstand (Journal de Physique, tome LXIX) auseinandergesetzt habe. Nach dieser Idee bilden alle Stoffe unter sich eine Reihe, in der sie in Beziehung zu einander die Rolle von Säure oder Alkali

---

man die Kaliummolekel auf 81 festsetzt, so wird die des Schwefels, nach den Gewichtsverhältnissen im Schwefelkalium, und in der Annahme, dass diese Verbindung Molekel für Molekel stattfinde, ungefähr 27 statt $13^1/_2$ sein, wie *Davy* durch diese Betrachtung gefunden hat, und dies bringt dieses Ergebniss und das aus der gasförmigen schwefligen Säure gewonnene — nach unsern Berechnungen — in die Uebereinstimmung, die bei den Berechnungen *Davy*'s existirt.

spielen, und welche dieselbe ist, von der die positive oder negative Electricität abhängt, die sie bei ihrer wechselseitigen Berührung annehmen; ich drücke durch das Wort ‚Oxygenicität' die Eigenschaft aus, vermöge der die Körper in dieser Stufenfolge mehr oder weniger hoch gestellt sind, indem ich an die Spitze diejenigen stelle, welche in Bezug auf die anderen die Rolle von Säuren spielen; in dieser Stufenfolge giebt es einen Ort, um den die Stoffe geordnet sind, die wir neutrale nennen, oberhalb dessen diejenigen, welche vollkommen sauer, und unterhalb dessen diejenigen, welche alkalisch sind, wenn ihr Zustand ihnen gestattet, diese Eigenschaften zu bethätigen. Endlich haben die zusammengesetzten Stoffe in dieser Stufenfolge einen Platz zwischen denen inne, aus welchen sie zusammengesetzt sind, mit Rücksicht auf den Grad der Oxygenicität und das Gewichtsverhältniss der zusammensetzenden Stoffe, so dass eine neutrale Substanz aus der Verbindung zweier Stoffe, eines sauren und eines alkalischen, nach einem gewissen Verhältniss (siehe die angeführte Denkschrift) hervorgeht*).

Die Beobachtung der einfachen Beziehungen, welche bei den Verbindungen statt haben, und besonders bei denen, aus welchen neutrale Stoffe entstehen, führt uns jetzt zu einer genaueren Methode, den Zustand der Neutralität kennen zu lernen. Man kann nicht annehmen, dass die Oxygenicität in zwei sich verbindenden Körpern eine solche Beziehung zu den Massen ihrer Molekeln habe, dass aus der Vereinigung einer gewissen bestimmten Zahl dieser Molekeln nach einfachen Verhältnissen ein bestimmter Grad von Oxygenicität entstehen müsse, welcher der der Neutralität sei und welcher, wie wir von der Oxygenicität im allgemeinen angenommen haben, nur von dem Gewichtsverhältniss und dem Grad der Oxygenicität der Componenten abhinge. Es scheint demnach, dass man den Grad der Oxygenicität, welcher der Neutralität entspricht, als nicht ganz bestimmt ansehen darf, wiewohl er sich mehr oder minder einem bestimmten Grade nähert, und diesen Zustand als abhängig davon, dass das Uebermaass an Masse der einen [75] der Com-

*) Die Eigenschaften der oxygenirten Salzsäure, wie sie *Davy* schildert, analog denen des Sauerstoffs, bieten bei dieser Betrachtungsweise nichts sonderbares; sie zeigen nur, dass diese Substanz sehr viel Oxygenicität besitzt. Ich habe schon in der angeführten Abhandlung bemerkt, dass die Eigenschaften der Alkalien, in der Annahme, dass sie Oxyde sind, sich sehr gut nach diesen Ideen erklären lassen.

ponenten, von der die saure oder alkalische Eigenschaft würde herrühren können, verhindert sei, diese Eigenschaften durch die Verbindung gerade mit dem entgegengesetzten Princip, welches dasselbe durch seine Anziehung zurückhält, zu bethätigen, wiewohl die Verbindung im übrigen einen passenden Znstand haben möge, um als Säure oder alkalisch zu wirken, wenn sie mit diesen Eigenschaften begabt wäre; dieses also festgehaltene Uebermaass an Masse wird dasjenige sein, welches zur Vervollständignng einer gewissen einfachen Beziehnng zwischen der Anzahl der Molekeln, die sich verbinden, nothwendig ist. So wird es unter den verschiedenen einfachen Zahlenverhältnissen, nach denen sich die Molekeln verbinden können, eins geben, das die Neutralität ergiebt, und es ist dies dasjenige, bei dem sich die Verbindung am meisten dem bestimmten Punkte der Oxygenicität nähert, über den wir gesprochen haben, sodass, wenn bei der nach diesem Verhältniss gebildeten Verbindung der eine der zusammensetzenden Bestandtheile noch eine Molekel des andern fahren liesse, oder noch eine mehr bände, die Verbindung sich weiter von dem bestimmten Pnnkte entfernen würde. Dieser letzte Punkt, um den, sozusagen, die Oxygenicitäten der verschiedenen nentralen Verbindungen schwanken, ist der, welcher bei der Vereinigung zweier Stoffe, die sich unter einander in jeder Proportion oder nach Verhältnissen, ausgedrückt durch eine beliebige Anzahl Molekeln, vereinigen können, den nentralen Znstand ergeben würde. Man sieht, dass diese Art, die Neutralität der zusammengesetzten Körper zu betrachten, die in der angeführten Abhandlung auseinandergesetzte Theorie in Uebereinstimmung bringt mit den Ideen, die Herr *de Laplace* über diesen Gegenstand vorgebracht hat und die Herr *Hauy* in seinem Traité de Physique auseinandergesetzt hat [12].

Nach dieser Theorie sieht man wohl ein, dass, wenn die Oxygenicität zweier Säuren und zweier Alkalien, welche sich gegenseitig verbinden, nicht gar sehr verschieden ist, und wenn zugleich die Masse der Molekel der einen Säure zu ihrem Alkali in keinem andern Verhältniss steht, als die andere Säure in dieser Hinsicht zn ihrem Alkali, das Zahlenverhältniss der Molekeln, welches die Neutralität ergiebt, bei beiden Verbindungen dasselbe sein kann; aber im entgegengesetzten Falle wird dies Verhältniss verschieden sein können, so dass an Stelle von Volumgleichheit oder von Verbindung von Molekel mit Molekel, wie man zwischen Kohlensäure und einigen andern Säuren

einerseits und Ammoniak andererseits beobachtet, andere einfache Verhältnisse wie 1 : 2 etc. statthaben werden, die den neutralen Zustand geben. Nichtsdestoweniger wird die Einfachheit, welche bei diesen Beziehungen obwaltet, verbunden mit der Kenntniss, welche man sonst über die Masse der Molekel und den Grad der Oxygenicität der Componenten wird erlangen können, mitunter errathen, oder wenigstens vermuthen [**76**] lassen, welches einfache Verhältniss dasjenige ist, das in einem gegebenen Falle eintreten soll; aber es ist Sache der Erfahrung, diese theoretischen Bemerkungen zu bestätigen oder zu berichtigen.

VIII.

Beim Lesen dieser Abhandlung wird man im allgemeinen wahrnehmen, dass viele Punkte unter unsern einzelnen Ergebnissen und denen *Dalton's* sich in Uebereinstimmung befinden, wiewohl wir von einem allgemeinen Princip ausgegangen sind, und *Dalton* sich nur nach vereinzelten Erwägungen gerichtet hat. Diese Uebereinstimmung spricht zu Gunsten unserer Hypothese, welche im Grunde nichts anderes ist als das System *Dalton's*, ergänzt durch ein sicheres Hilfsmittel vermöge des Zusammenhanges, den wir mit der allgemeinen von Herrn *Gay-Lussac* dargelegten Thatsache gefunden haben. Dieses System nimmt an, dass die Verbindungen im allgemeinen nach bestimmten Proportionen vor sich gehen, und dies thut die Erfahrung in Bezug auf die stabilsten und interessantesten Verbindungen den Chemikern dar. Es sind dies die einzigen, welche, wie es scheint, unter den Gasen statthaben können, auf Grund der enormen Grösse der Molekeln, welche aus den durch sehr hohe Zahlen ausgedrückten Verhältnissen erfolgen würde, trotz der Theilung der Molekel, welche wahrscheinlich auf enge Grenzen beschränkt ist. Man ahnt, dass die Gruppirung der Molekeln bei den festen und flüssigen Körpern, wenn man zwischen den integrirenden Molekeln nur Entfernungen gleicher Art wie die der Elementarmolekeln zulässt, nach complicirteren und selbst nach allen möglichen Verhältnissen stattfinden kann; aber diese Verbindungen werden, sozusagen, von anderer Art sein als diejenigen, mit welchen wir uns beschäftigt haben, und diese Unterscheidung kann dazu dienen, die Ideen des Herrn *Berthollet* über die Verbindungen mit der Theorie der bestimmten Proportionen zu vereinigen.

[43] Brief des Herrn Ampère an den Herrn Grafen Berthollet, über die Bestimmung der Verhältnisse, in welchen sich die Körper nach der Zahl und der wechselseitigen Anordnung der Molekeln, aus denen ihre integrirenden Partikeln zusammengesetzt sind, verbinden[13].

(Mit 3 lithogr. Tafeln.)

Herr Graf!

Sie wissen, dass seit langer Zeit die wichtige Entdeckung des Herrn *Gay-Lussac* über die einfachen Verhältnisse, die man zwischen den Volumen eines zusammengesetzten Gases und denen der Bestandtheile beobachtet, in mir die Idee einer Theorie erzeugt hat, welche nicht nur die von diesem geschickten Chemiker entdeckten Thatsachen und die seitdem beobachteten analogen erklärt, sondern auch zur Bestimmung der Verhältnisse einer grossen Zahl anderer Verbindungen dienen kann, die unter gewöhnlichen Umständen keineswegs im Gaszustande sind. [44] Die Abhandlung, in der ich diese Theorie mit den nothwendigen Einzelheiten auseinander setze, ist fast vollendet; da jedoch Beschäftigungen anderer Art mir nicht gestatten, gegenwärtig daran zu arbeiten, so beeile ich mich, Ihrem mir ausgesprochenen Wunsche, dieselbe kennen zu lernen, zu entsprechen, indem ich Ihnen einen Auszug beilege[14].

Schlüsse, die aus der Theorie der allgemeinen Anziehung betrachtet als die Ursache der Cohäsion gezogen sind, und die Leichtigkeit, mit welcher das Licht die durchsichtigen Körper durchdringt, haben die Physiker auf den Gedanken gebracht, dass die letzten Molekeln[15] der Körper durch ihnen eigenthümliche anziehende und abstossende Kräfte festgehalten würden, in Entfernungen, welche unendlich gross sind im Vergleich zu der Grösse dieser Molekeln.

Folglich haben, wiewohl eine directe Beobachtung uns übrigens nichts erkennen lässt, ihre Formen keinerlei Einfluss auf die Erscheinungen, welche die aus jener zusammengesetzten Körper darbieten, und man muss die Erklärung dieser Erscheinungen in der Art und Weise suchen, wie sich diese Molekeln gegenseitig gruppiren, um das zu bilden, was ich eine Partikel nenne. Nach dieser Vorstellung kann man eine Partikel betrachten [45] als die Anhäufung einer bestimmten Zahl von Molekeln in einer bestimmten Lage, die zwischen einander einen

unvergleichlich grösseren Raum einschliessen als das Volum der Molekel; und damit dieser Raum drei mit einander vergleichbare Dimensionen habe, muss eine Partikel mindestens vier Molekeln auf sich vereinigen [16]. Um die gegenseitige Lage der Molekeln in einer Partikel auszudrücken, denkt man sich durch die Schwerpunkte dieser Molekeln, in die man sie sich reducirt vorstellt, Ebenen in der Weise gelegt, dass alle ausserhalb der betreffenden Ebene befindlichen Molekeln auf derselben Seite bleiben. Indem man nun annimmt, dass keine Molekel in den von diesen Ebenen abgegrenzten Raum eingeschlossen sei, wird dieser Raum ein Polyeder sein, von dem eine jede Molekel eine Ecke inne hat, und die Nennung dieses Polyeders wird genügen, um die gegenseitige Lage der Molekeln, aus denen sich eine Partikel zusammensetzt, auszudrücken. Ich werde diesem Polyeder den Namen einer Repräsentativgestalt der Partikel geben.

Da die krystallisirten Körper [17]) durch regelmässige Aneinanderstellung der Partikeln gebildet sind, so zeigt eine mechanische Theilung Ebenen parallel den Flächen dieses Polyeders; aber dieselbe wird auch andere aufweisen können, die aus den verschiedenen Gesetzen der Decrescenz [18]) folgen: nichts steht dem übrigens entgegen, dass diese oft leichter zu erhalten sind, als ein Theil der ersteren, und folglich kann die mechanische Theilung recht wohl Vermuthungen, aber nur Vermuthungen, für die Bestimmung der Repräsentativformen gewähren. Es giebt noch ein anderes Mittel, diese Formen kennen zu lernen; es ist dies, vermittelst des Verhältnisses der Bestandtheile eines Körpers die Zahl der Molekeln zu bestimmen, welche sich in jeder Partikel dieses Körpers befinden. Ich bin hierzu von der Annahme ausgegangen, dass in dem Falle, wo die Körper in den Gaszustand übergehen, nur ihre Partikeln von einander durch die ausdehnende Kraft der Wärme getrennt und ferngehalten seien, in viel grösseren Entfernungen als diejenigen sind, innerhalb deren die Affinitäts- und Cohäsionskräfte eine berechenbare Wirkung ausüben, so dass diese Entfernungen nur von der Temperatur und dem Druck, unter dem das Gas steht, abhängen, und bei gleichem Druck und gleicher Temperatur die Partikeln aller, sei es einfacher oder zusammengesetzter Gase, gleich weit von einander entfernt sind. Die Zahl der Partikeln ist bei dieser Annahme proportional dem [**47**] Volum der Gase *). Welches

*) Nach der Abfassung meiner Abhandlung habe ich erfahren, dass Herr *Avogadro* dieselbe Idee als Grundlage einer Arbeit über die Verhältnisse der Elemente in chemischen Verbindungen benutzt hat.



auch immer die theoretischen Gründe sein mögen, die dieselbe stützen, so kann man sie doch nur als eine Hypothese betrachten; aber wenn sie beim Vergleich der sich nothwendiger Weise aus ihr ergebenden Schlüsse mit den Erscheinnngen und Eigenschaften, die wir beobachten, mit allen von der Erfahrnng gewonnenen Ergebnissen übereinstimmt, wenn man ans ihr Schlüsse zieht, die sich durch nachherige Untersuchnngen bestätigt finden, so wird sie einen Grad von Wahrscheinlichkeit erlangen, der sich dem nähert, was man in der Physik Gewissheit nennt. Indem ich sie als giltig annehme, wird es genügen, die Gasvolumina eines znsammengesetzten Körpers nnd seiner Componenten zu kennen, nm zn wissen, wie viele Partikeln oder Partikeltheile der beiden Componenten eine Partikel des zusammengesetzten Körpers enthält. Da das Salpetergas z. B. die Hälfte seines Volums Sanerstoff und die Hälfte Stickstoff enthält, so folgt daraus, dass eine Partikel Salpetergas durch die Vereinigung [**48**] einer halben Partikel Sanerstoff mit einer halben Partikel Stickstoff gebildet ist; da das durch die Vereinigung von Chlor mit Kohlenoxyd gebildete Gas dem seinen gleiche Volnmina dieser beiden Gase enthält, so ist seine einzelne Partikel durch Vereinigung von einer Partikel Chlor mit einer Partikel Kohlenoxyd gestaltet; da der Wasserdampf, nach den schönen Untersuchungen des Herrn *Gay-Lussac*, ein gleiches Volnm Wasserstoff nnd die Hälfte seines Volnms Sanerstoff enthält, so wird seine einzelne Partikel aus einer ganzen Partikel Wasserstoff und einer halben Partikel Sanerstoff znsammengesetzt sein; aus demselben Grunde wird eine Partikel Stickstoffoxydnlgas eine ganze Partikel Stickstoff und eine halbe Sanerstoff enthalten; endlich wird, da ein Volum Ammoniakgas ans einem halben Volum Stickstoff nnd ein und einem halben Volnm Wasserstoff zusammengesetzt ist, eine Partikel dieses Gases eine halbe Partikel Stickstoff und ein nnd eine halbe Partikel Wasserstoff enthalten.

Wenn wir als die einfachste Voraussetzung, welche mir übrigens durch die Uebereinstimmnng der aus ihr gezogenen Schlüsse mit den Erscheinnngen genügend gerechtfertigt scheint, annehmen, dass die Partikeln des Sanerstoffs, des [**49**] Stickstoffs und des Wasserstoffs aus vier Molekeln znsammengesetzt sind, so müssen wir danach schliessen, dass die des Salpetergases auch aus vier Molekeln, zwei Sauerstoff und zwei Stickstoff, zusammengesetzt sind; die des Stickstoffoxydulgases aus sechs Molekeln, vier Stickstoff und zwei Sanerstoff; die des Wasserdampfes aus sechs Molekeln, vier Wasscrstoff und zwei Sauer-

stoff, und die des Ammoniakgases aus acht Molekeln, sechs Wasserstoff und zwei Stickstoff.

Die Annahme, dass die Partikeln des Chlors auch aus vier Molekeln zusammengesetzt sind, lässt sich nicht mit den Erscheinungen in Einklang bringen, welche dieses Gas in seinen verschiedenen Verbindnngen zeigt: man ist genöthigt, nm diesen Erscheinnngen Rechnung zu tragen, einer jeden seiner Partikeln acht Molekeln zuzutheilen, und entweder anznnehmen, dass diese Molekeln gleicher Natnr sind, oder dass die Partikeln des Chlors vier Molckeln Sanerstoff nnd vier Molckeln eines unbckannten brennbaren Körpers enthalten.

Die erste Hypothese vereinfacht die folgenden Auseinandersetznngen dergestalt, dass dies ein genügender Grnnd sein würde, von jener bei der Darlegung derselben Gebrauch zu machen, selbst wenn man sie nicht als die wahrscheinlichste ansähe.

Betrachten wir nnn die ursprünglichen Gestalten [**50**] der von den Mineralogen entdeckten Krystalle, und zwar die, welche wir als die Repräsentativgestalten der einfachsten Partikeln ansehen, indem wir diesen Partikeln soviel Molekeln zuertheilen, als die entsprechenden Gestalten Ecken haben, so werden wir finden, dass es fünf an der Zahl sind; das Tetraeder, das Octaeder, das Parallelepiped, das sechsflächige Prisma nnd das Rhombendodekaeder.

Die diesen Repräsentativgestalten entsprechenden Partikeln sind aus 4, 6, 8, 12 nnd 14 Molekeln zusammengesetzt; die ersten drei dieser Zahlen sind diejenigen, deren wir bednrft haben, nm die Bildung der Partikeln der eben angeführten Gase zn erklären; ich habe in meiner Abhandlung gezeigt, dass die Zahl 12 diejenige ist, welche man zur Erklärung der Zusammensetznng der Partikeln mehrerer sehr bemerkenswerther Verbindnngen in Gebrauch nehmen mnss, und dass die Zahl 14 der Partikel der Salpetersäure, wenn man sie wasserfrei erhalten könnte, der Partikel des salzsauren Ammoniaks etc. Rechnung trägt. Sehen wir nun zn, wie die Molekeln sich diesen verschiedenen Gestalten gemäss vereinigen können.

Denken wir uns zwei Molekeln [**51**] durch eine Linie verbunden, um uns ein anschanlicheres Bild von ihrer gegenseitigen Stellung zn machen; wenn man nun zwei andere auf dieselbe Art verbundene Molekel mit ihnen vereinigt, znerst in einer nämliehen Ebene der Art, dass die beiden Linien sich gegenseitig in zwei gleiche Abschnitte theilen, nnd wenn man

sie dann von einander entfernt, indem man sie stets in einer Richtung parallel zu der, welche sie in dieser Ebene inne hatten, hält, so wird man ein Tetraeder erhalten, welches nur dann regulär sein wird, falls die beiden Linien gleich und zu einander senkrecht waren und man die eine von der andern in eine Entfernung gebracht hat, welche sich zu ihrer Länge wie $1 : \sqrt{2}$ verhält [19].

Denken wir uns nun drei Molekeln durch Linien verbunden, die irgend ein Dreieck bilden; gruppiren wir in derselben Ebene ein dem ersten gleiches Dreieck dergestalt, dass die beiden Dreiecke ihren Schwerpunkt in demselben Punkte haben und ihre Seiten gegenseitig gleich und parallel sind, so wird, wenn man diese beiden Dreiecke in der Art von einander entfernt, dass die drei Seiten eines jeden Dreiecks beständig parallel ihrer ursprünglichen Lage bleiben, man sechs Punkte erhalten in der Gruppirung, wie sie erforderlich ist, um die sechs Ecken eines Octaeders vorzustellen, welches nur in dem Falle regulär sein wird, falls man in gleicher Weise zwei [**52**] congruente Dreiecke verbunden und sie senkrecht zu ihrer Ebene um eine Grösse fortbewegt hat, welche sich zu einer ihrer Seiten wie $\sqrt{2} : \sqrt{3}$ verhält.

Angenommen, im Falle des Tetraeders, man legt durch die beiden Linien, von denen wir gesprochen haben, zwei einander parallele Ebenen, und man zieht in einer jeden von ihnen eine Linie, welche die Lage angiebt, in der sich die Linie der anderen Ebene vor der Trennung befunden hatte, so werden die Endpunkte dieser beiden neuen Linien die vier Scheitelpunkte eines dem ersten symmetrischen*) Tetraeders sein, welches seinen Schwerpunkt in demselben Punkte haben wird, und die acht Ecken dieser beiden derartig vereinigten Tetraeder werden die eines Parallelepipeds sein. Es geht also die parallelepipedische Gestalt aus der Vereinigung zweier Tetraeder hervor. Es ist leicht einzusehen, dass, wenn die beiden Tetraeder regulär sind, das Parallelepiped ein Würfel wird; ein rhombisches Parallelepiped, falls die Tetraeder reguläre Pyramiden sind, ein gerades Prisma mit rhombischen Grundflächen, falls vier Kanten eines jeden Tetraeders unter einander gleich sind; und dass die Grundfläche dieses Prismas ein Quadrat sein wird, falls zu [**53**] dieser Bedingung sich die der Gleichheit der beiden andern

---

*) Siehe in der Geometrie des Herrn *Legendre* die Definition der symmetrischen Polyeder.

Kanten hinzugesellt. Legt man, im Falle des Octaeders, in gleicher Weise in die Ebenen beider besprochenen Dreiecke solche, welche die Lage anzeigen, in der sich das Dreieck der anderen Ebene vor der Trennung befunden hatte, so werden die sechs Winkel dieser beiden neuen Dreiecke die sechs Ecken eines dem ersten symmetrischen Octaeders sein, welches seinen Schwerpunkt in demselben Punkte hat, und die zwölf Ecken dieser beiden so vereinigten Octaeder werden die eines sechsflächigen Prismas sein; diese Gestalt wird also aus der Vereinigung zweier Octaeder hervorgehen. Das sechsflächige Prisma wird nur dann ein gerades sein, wenn man die beiden ersten Dreiecke in einer zu ihren Ebenen senkrechten Richtung von einander entfernt hat, und es wird zur Grundfläche nur in dem Falle ein reguläres Sechseck haben, dass diese beiden Dreiecke gleichseitig sind. Man kann bemerken, dass in dem derartig durch zwei reguläre Octaeder gebildeten Prisma die Höhe sich zu den Seiten der Grundflächen wie $\sqrt{2} : 1$ verhält.

Im allgemeinen erfordert die Prüfung der Umstände, die aus der Regelmässigkeit oder Unregelmässigkeit der sich verbindenden Partikeln entspringen, wie zwei Tetraeder [**54**] ein Parallelepiped und zwei Octaeder ein sechsflächiges Prisma erzeugen, sehr verwickelte Ueberlegungen, die für das Verständniss der Theorie, die ich entwickele, unnöthig sind, so lange man sich nur mit der Zahl der Molekeln einer jeden Partikel beschäftigt, und die nur Verwendung finden können, wenn man unter diesem Gesichtspunkte die primitiven Gestalten der bekannten Krystalle studirt. Ich werde in diesem Auszuge davon absehen; und da es sich nur um die Zahl der Molekeln handelt, aus denen sich die durch die Vereinigung anderer schon bekannter Partikeln gebildeten Partikel zusammensetzen, so werde ich alle Tetraeder und Octaeder der verschiedenen zu prüfenden Verbindungen als regulär annehmen. Mit Hilfe einiger Ueberlegungen wird es leicht sein, sich einen Begriff der verschiedenen Aenderungen zu machen, die die Ergebnisse in dem Falle erleiden, dass die Polyeder irregulär sind.

Es ist klar, dass, wenn man in denselben Punkt die Schwerpunkte zweier Tetraeder und eines Octaeders verlegt, dergestalt, dass die ersten beiden einen Würfel bilden und die Lage und Grössenverhältnisse derartige sind, dass die Kanten dieses Würfels und die des Octaeders sich gegenseitig [**55**] unter rechten Winkeln in zwei gleiche Abschnitte theilen, das aus ihrer Vereinigung hervorgehende Polyeder mit 14 Ecken das

Dodecaeder sein wird, die letzte der ursprünglichen primitiven Gestalten, die durch mechanische Theilnng der Krystalle sich ergeben; denn man kann unter diese Formen nicht die doppelte Pyramide mit hexagonalen Grnndflächen rechnen, die zuerst angewandt wnrde, nm die Krystallisation des Quarzes, die später auf ein Parallelepiped zurückgeführt wurde, zu erklären.

Nach dem eben Gesagten sieht man ein, dass, wenn Partikeln sich zn einer einzigen Partikel vereinigen, indem sie sich in der Weise gruppiren, dass die Schwerpnnkte der znsammensetzenden Partikeln sich in einem Punkte befinden, die Ecken der einen in den Zwischenräumen, welche die Ecken der andern offen lassen, Platz greifen, und umgekehrt. Derart stelle ich mir die chemische Verbindung vor[20]), nnd hierin unterscheidet sie sich von der Anhänfung gleichartiger Partikeln, die durch eine einfache Aneinanderreihung dieser Partikeln geschieht, wie man aus der schönen Theorie der Krystallisation, welche die Wissenschaft Herrn *Hauy* verdankt, ersehen kann. Anf dieselbe Weise habe ich durch Verbindung einer andern Anzahl von Tetraedern nnd Octaedern die verschiedenen Repräsentativgestalten erhalten, **[56]** welche die Erklärung aller Verbindungen in festen Verhältnissen, die ich kenne, nach denselben Grundsätzen verlangt.

Bei dem Versuche, Tetraeder nnd Octaeder anf jede mögliche Art zu vereinigen, findet man, dass aus der Mehrzahl Repräsentativgestalten hervorgehen, in denen die verschiedenen Molekeln nnregelmässig angeordnet sind; dass das, was in einem Sinne, nicht in einem andern dem ersten entsprechenden Sinne anch statt hat. Alle diese Gestalten müssen verworfen werden, nnd man beobachtet in der That, dass die Verhältnisse, welche sie bei den chemischen Verbindungen voraussetzen würden, sich in der Natur nicht finden. Versucht man z. B. Tetraeder nnd Octaeder auf die Art zusammenznstellen, dass die Zahl der ersten halb so gross als die der zweiten ist, so bekommt man nur Zerrgestalten, welche keinerlei Regelmässigkeit noch Verhältniss zwischen den bezüglichen Grössen ihrer verschiedenen Flächen zeigen. Man kann darans schliessen, dass ein Körper A, dessen Partikeln Tetraeder als Repräsentativgestalt haben, und ein Körper B, dessen Partikeln durch Octaeder dargestellt sind, sich nicht **[57]** auf die Weise werden vereinigen können, dass in der Verbindung ein Antheil von A auf zwei von B vorhanden ist; diese Verbindung wird dagegen leicht von statten gehen zwischen zwei Antheilen von A und einem von B, da ja zwei Tetraeder und ein Octaeder durch ihre Vereinigung ein

Dodecaeder bilden. In demselben Falle werden sich A und B in gleichen Verhältnissen vereinigen vermittelst zweier Gestalten, die ich gleich beschreiben werde und in denen die Anzahl der Tetraeder gleich der der Octaeder ist.

1. Ein Octaeder kann mit einem Tetraeder vereinigt werden, indem man die Ecken des Octaeders auf die Verlängerungen der Linien legt, welche, vom Schwerpunkte des Tetraeders ausgehend, die Mitten seiner sechs Kanten treffen; man bekommt so ein Polyeder mit 10 Ecken und 16 dreieckigen Flächen, vier gleichseitigen und 12 gleichschenkeligen, welchem ich den Namen Hexadecaeder geben werde.

2. Zwei zu einem sechsflächigen Prisma vereinigte Octaeder können sich mit zwei Tetraedern, die einen Würfel bilden, auf eine Art vereinigen, die analog der ist, nach welcher ein Octaeder mit einem Würfel zum Dodekaeder verbunden ist. Um sich eine anschauliche Idee von dieser Zusammenstellung zu machen, muss man eine der Würfeldiagonalen als die Axe dieses Polyeders ansehen und durch sie eine senkrechte Ebene legen, [**58**] die durch den Mittelpunkt des Würfels geht. Diese Ebene theilt sechs seiner Kanten in zwei gleiche Abschnitte, die Theilpunkte werden die Lage der sechs Ecken eines regulären Sechsecks haben, und, wenn man auf dieselben die Mitten der sechs senkrechten Kanten eines sechsflächigen Prismas legt, das durch die Vereinigung zweier Octaeder entstanden ist, so werden die 20 Ecken dieses Polyeders die eines neuen sein, welches 30 Flächen hat; nämlich: 6 rechtwinkelige Parallelogramme und 24 gleichschenkelige Dreiecke; ich werde ihm den Namen Triacontaeder geben.

Nach dieser Construction ist es leicht einzusehen, dass die Diagonale des Würfels gleich der des Prismas ist und dass also alle Ecken des Triacontaeders sich auf derselben Kugelfläche befinden.

Es würde zu nichts führen, die Bildung anderer irgend welche Regelmässigkeit darbietender Gestalten zu versuchen, indem man zwei der vorigen Polyeder zusammenstellte. Gehen wir zu einer andern Art der Vereinigung über. Wenn man zwölf Punkte betrachtet, die in Bezug auf einander wie die Mitten der zwölf Würfelkanten gruppirt sind, so werden diese Punkte je vier und vier in drei rechtwinkeligen Ebenen gelegen sein; daraus folgt, dass, wenn man die vier Winkel der quadratischen Grundfläche, welche den [**59**] beiden Pyramiden, aus denen sich ein Octaeder zusammensetzt, gemeinsam ist, auf die vier ersten

legt, auf die vier andern die vier Winkel der Grundfläche eines zweiten und auf die dritten vier die eines dritten Octaeders, die Ecken der drei Octaeder sich paarweise auf den Durchschnitten der drei rechtwinkeligen Ebenen befinden, und diese achtzehn Ecken die eines Polyeders mit 32 dreieckigen Flächen sein werden, von denen acht gleichseitig und 24 gleichschenkelig sind; ich werde diesem Polyeder den Namen Trioctaeder geben, der an die Abstammung erinnert.

Das Trioctaeder kann wie das Octaeder sich mit zwei Tetraedern, die einen Würfel bilden, vereinigen; hierzu verlängere man die Ebenen seiner gleichschenkeligen dreieckigen Flächen von der Seite aus, wo sie sich mit den gleichseitigen Flächen schneiden, bis sich diese Ebenen drei und drei ausserhalb des Polyeders gegenüber den letzteren Flächen treffen. Die acht so bestimmten Punkte sind offenbar in Bezug auf einander wie die acht Ecken eines Würfels gelegen; daraus folgt, dass man dorthin die acht Ecken zweier Tetraeder wird legen können, aus deren Vereinigung mit dem Trioctaeder ein Polyeder mit 26 Ecken und 24 gleichen viereckigen Flächen entsteht. Das Trapezoeder der Mineralogen ist ein besonderer Fall dieser [**60**] Gestalt, die aus einem bestimmten Verhältniss der Axen und der Seiten der quadratischen Grundflächen der geraden Octaeder, aus denen man das gebildete Trioctaeder zusammengesetzt ansehen kann, hervorgeht. Ich werde es im allgemeinen mit dem Namen Trapezoeder belegen, der eine ihm stets zugehörige Eigenschaft ausdrückt, welches auch immer die Grössenverhältnisse dieser Octaeder sein mögen.

Tetraeder gleichen hierin nicht den Octaedern; man kann nicht drei zu einem Polyeder von irgendwelcher Regelmässigkeit vereinigen; aber es ergiebt sich eine reguläre Gestalt durch die Zusammenstellung von vier Tetraedern. Um sie zu erlangen, betrachte man vier Punkte, die wie die vier Ecken eines den vier zu vereinigenden gleichen Tetraeders gelegen sind, und man wird begreifen, dass an einem jeden dieser Punkte eine der Ecken jedes Tetraeders liegt, während die drei andern Ecken desselben Tetraeders sich in der Ebene befinden, die durch die drei andern Punkte geht, und mit den Mitten der zwischen ihnen befindlichen Räume in Verbindung stehen. Ich werde dem Polyeder, das aus dieser Zusammenstellung von vier so vereinigten Tetraedern hervorgeht, den Namen Tetra-Tetraeder geben. Dieses Polyeder hat 16 Ecken und 28 dreieckige

Flächen, von denen vier gleichseitig und vierundzwanzig gleichschenkelig sind.

[61] Man kann leicht darthun, dass, wenn man die Ebenen der zwölf gleichschenkeligen Flächen, welche den vier gleichseitigen Flächen anliegen, von dort aus, wo sie sich mit diesen Flächen schneiden, verlängert, die Verlängerungen dieser Ebenen sich drei und drei ausserhalb des Tetra-Tetraeders treffen werden, in vier den Mitten seiner vier gleichseitigen Flächen entsprechenden Punkten, welche die Ecken eines den vier vorigen gleichen Tetraeders sein werden; indem man es mit diesen verbindet, hat man die zwanzig Ecken des Polyeders, welches ich Penta-Tetraeder genannt habe und welches vierundzwanzig Flächen hat; nämlich: zwölf viereckige und zwölf gleichschenkelige dreieckige.

Betrachtet man von neuem 12 Punkte, die unter einander wie die Mitten der 12 Würfelkanten gelegen sind, und stellt man ein Tetraeder derartig, dass sein Schwerpunkt sich in demselben Punkte wie der des Würfels befindet, so gehen zwei seiner entgegengesetzten Kanten durch vier dieser Punkte, und macht man nach und nach dasselbe in Bezug auf fünf andere Tetraeder, damit die Zahl der Scheitelpunkte nach allen Richtungen hin dieselbe sei, so wird man ein Polyeder mit 24 Ecken und 14 Flächen, 6 quadratischen und 8 sechsseitigen, erhalten, das ich Hexa-Tetraeder nennen werde.

Diese alle unter einander gleichen Sechsecke haben je drei grössere und [62] drei kleinere Seiten, die sich zu einander wie $1 : \sqrt{2} - 1$ verhalten.

Dieses Polyeder ist augenscheinlich nichts als ein Octaeder, dessen sechs Ecken durch Ebenen abgestumpft sind, die auf seinen drei Axen senkrecht stehen; seine Vereinigungen mit andern Repräsentativgestalten sind zahlreicher, als die eines der vorigen Polyeder.

Man kann es erstens mit einem Octaeder verbinden, das seinen Mittelpunkt in demselben Punkte hat und dessen sämmtliche Flächen und Kanten denen des Octaeders, aus dem man das Hexa-Tetraeder durch Abstumpfung hervorgegangen betrachten kann, parallel sind, mit der Beschränkung, dass seine Grössenverhältnisse geringer seien, als die des letzteren, damit das so gebildete Polyeder keine einspringenden Winkel habe. Dieses Polyeder unterscheidet sich von dem Hexa-Tetraeder nur darin, dass es sechs reguläre Pyramiden, die auf seine qua-

dratischen Flächen aufgesetzt sind, mehr hat als dieses; ich werde das Pyramidal-Hexa-Tetraeder nennen.

Man kann auch das Hexa-Tetraeder mit einem Würfel verbinden, indem man es mit demselben Würfel, der zu seinem Aufbau gedient hat, vereinigt. Diesem Polyeder, das aus dieser Zusammenstellung [**63**] hervorgeht, habe ich geglaubt, da es durch die Verbindung eines Würfels und eines Hexa-Tetraeders gebildet ist, den Namen Würfel-Hexa-Tetraeder zu schulden; es hat 32 Ecken und 34 Flächen; nämlich 6 viereckige und 48 gleichschenkelige dreieckige.

Verlängert man bei diesem Polyeder die Flächen der 24 dreieckigen Flächen, die den quadratischen Flächen anliegen, von dort aus, wo sie sich mit diesen Flächen treffen, bis sie sich 4 und 4 ausserhalb des Polyeders gegenüber diesen Quadraten schneiden, so wird man eine neue Repräsentativgestalt erhalten, die aus der Vereinigung eines Hexa-Tetraeders, eines Würfels und eines Octaeders hervorgebracht ist und 38 Ecken und 48 Flächen hat, deren eine Hälfte gleiche Rhomben und deren andere ebenfalls einander gleiche gleichschenkelige Dreiecke sind. Um es mit einem Namen zu bezeichnen, der von dieser Eigenthümlichkeit hergeleitet ist, welche es von allen andern Repräsentativgestalten unterscheidet, bei denen sich zugleich Tetraeder und Octaeder befinden, werde ich es Amphieder nennen.

Um sich eine einfache Vorstellung von der Vereinigung des Hexa-Tetraeders mit einem durch die Verbindung zweier regulärer Octaeder gebildeten sechsflächigen Prismas zu machen, denke man sich das Hexa-Tetraeder in der Stellung, dass zwei seiner sechseckigen Flächen horizontal seien; dann werden die Mitten seiner 6 quadratischen Flächen wie die 6 Ecken eines der Octaeder gelegen sein, [**64**] aus denen sich das Prisma zusammensetzt. Man kann dann diese 6 Ecken auf die inmitten dieser Flächen errichteten Senkrechten setzen. Die 6 andern Ecken des sechsflächigen Prismas werden den 6 sechseckigen Flächen des Hexa-Tetraeders entsprechen, die von denen verschieden sind, welche man horizontal, d. h. senkrecht zur Axe des Prismas gestellt hat. Wenn man die entsprechenden Grössenverhältnisse der beiden Polyeder festsetzt, derart, dass jede Seite der Grundflächen des Prismas die Kante des Hexa-Tetraeders trifft, welche diejenigen seiner Flächen trennt, denen die beiden Enden dieser Seite entsprechen, so wird man eine Repräsentativgestalt erhalten, die aus 6 Tetraedern und 2 Octa-

edern zusammengesetzt ist und 36 Ecken und 50 Flächen hat; nämlich: 2 Sechsecke, die denen des Hexa-Tetraeders ähnlich sind, 12 Vierecke, 24 gleichschenkelige und 12 ungleichseitige Dreiecke; ich werde ihr den Namen Pentacontaeder geben.

Um ein Hexa-Tetraeder mit einem Trioctaeder zu vereinigen, genügt es, eines der drei es zusammensetzenden Octaeder auf die Art zu stellen, wie das Octaeder, welches wir mit dem Hexa-Tetraeder, um dasselbe in das Pyramidal-Hexa-Tetraeder zu verwandeln, verbunden haben. Das Ergebniss dieser Zusammenstellung ist ein Polyeder mit 24 [**65**] Ecken und 80 dreieckigen Flächen. Ich werde es Octocontaeder nennen.

Wir haben gesehen, dass 8 Tetraeder zu einer Repräsentativgestalt vereinigt werden können, die mit dem Namen Würfel-Hexa-Tetraeder bezeichnet worden ist. Bei dieser Anordnung unterscheidet sich die Stellung zweier Tetraeder von der der sechs andern; jedoch ist es leicht, dieselbe Anzahl von Tetraedern zusammenzufügen und allen die gleiche gegenseitige Lage zu geben. Man wird sich dazu vorstellen, dass je eine Ecke eines jeden Tetraeders in einem der acht Raumwinkel eines Würfels liegt und dass dieses Tetraeder eine solche Lage hat, dass seine drei andern Ecken sich in den Ebenen befinden, welche durch den Mittelpunkt des Würfels und seine drei Seiten, welche den Raumwinkel bilden, gehen. Die 32 Ecken der 8 in dieser Weise angeordneten Tetraeder werden die eines Polyeders sein, welches, falls die Tetraeder regulär sind und ihren Schwerpunkt in demselben Punkte haben, 18 Flächen hat; nämlich: 6 quadratische und 12 sechseckige.

Man sieht leicht ein, dass dieses Polyeder nichts weiter als ein Dodecaeder ist, dessen sechs vierflächige Ecken bis zu ein Drittel der anliegenden Kanten abgestumpft sind. Da die Lage der acht es zusammensetzenden Tetraeder [**66**] für alle die nämliche ist, habe ich ihm den Namen Octo-Tetraeder gegeben. Die acht Tetraeder, welche dieses Polyeder durch ihre Vereinigung bilden, sind paarweise gestellt wie die zwei Tetraeder, die einen Würfel bilden, und vier und vier wie die vier Tetraeder, aus denen sich das Tetra-Tetraeder zusammensetzt. Man kann es also auch als aus der Vereinigung von vier Würfeln oder von zwei Tetra-Tetraedern hervorgegangen ansehen.

Da das Octo-Tetraeder sechs Flächen hat, deren Mitten in Bezug auf einander wie die sechs Ecken eines Octaeders gelegen sind, so kann man diese beiden Polyeder zu einem einzigen vereinigen, in einer Art analog der, nach welcher die



bisher beschriebenen Zusammenstellungen geschahen; aber da dieses Polyeder minder einfach als das Amphieder ist, welches genau soviel Tetraeder und Octaeder enthält und welches daher in Bezug auf die Verbindungen der Körper in bestimmten Verhältnissen nothwendigerweise zu denselben Ergebnissen führt, so werde ich es nicht unter die Repräsentativgestalten rechnen.

Es ist klar, dass das Octo-Tetraeder, das acht Ecken hat, die in Bezug auf einander wie die des Würfels gelegen sind, sich nicht mit dieser Gestalt vereinigen kann [67]; jedoch lässt es sich, wie das Hexa-Tetraeder, mit einem sechsflächigen Prisma vereinigen, da es mit letzterem den Besitz sechseckiger Flächen theilt. Um sich ein anschauliches Bild von dieser Zusammenstellung zu machen, stelle man sich eine Linie vor, welche die Mitten zweier entgegengesetzter sechseckiger Flächen eines Octo-Tetraeders verbindet, und bringe sie in eine senkrechte Lage; man sieht dann, dass eine jede dieser zwei Flächen von sechs anderen umgeben ist, nämlich: von zwei quadratischen und vier sechseckigen, und dass man ein sechsflächiges Prisma dazu in der Weise stellen kann, dass die sechs Ecken einer jeden seiner Grundflächen diesen sechs Flächen entsprechen und seine Axe mit der senkrecht gestellten Linie zusammenfällt. Die beiden so vereinigten Polyeder geben eine Repräsentativgestalt, die sich nur darin von dem Octo-Tetraeder unterscheidet, dass seine zwölf die beiden Grundflächen umgebenden Flächen mit ebenso viel Pyramiden, vier viereckigen und acht sechseckigen, wieder bedeckt sind. Da man zwischen den bezüglichen Grössenverhältnissen der beiden Polyeder, mit dem Hinblick auf Verminderung der Flächenanzahl, kein Verhältniss zu Grunde legen kann, welches in Bezug auf alle ähnlichen Kanten symmetrisch ist, so werde ich annehmen, dass letztere sich so verhalten, dass sie von derselben Kugel [68] umschrieben werden können; und da das Polyeder mit 44 Ecken, das aus dieser Annahme entspringt, 70 Flächen hat, nämlich: 4 sechseckige, zwei quadratische und 64 dreieckige, so werde ich es Heptacontaeder nennen.

Um schliesslich das Octo-Tetraeder mit dem Tri-Octaeder zu verbinden, genügt es, darauf Acht zu geben, dass jedes dieser Polyeder so viel Ecken als das andere Flächen hat, und umgekehrt; man sieht bald ein, dass die Lagen dieser Ecken und Flächen genau solche sind, dass, wenn man die sechs vierflächigen Ecken des Tri-Octaeders in die inmitten der sechs quadratischen Flächen des Octo-Tetraeders errichteten Senk-

rechten legt, sämmtliche Ecken jedes Polyeders den Flächen des andern entsprechen werden.

Wenn man die bezüglichen Grössenverhältnisse der Polyeder in der Weise festsetzt, dass die Kanten des Tri-Octaeders, welche die soeben besprochenen acht Scheitelpunkte verbinden, dnrch die Mitten der von den quadratischen Flächen gebildeten Kanten des Octo-Tetraeders gehen, so wird aus der Vereinigung dieser beiden Repräsentativgestalten ein neues Polyeder mit 50 Ecken und 72 Flächen, nämlich: 24 viereckigen und 48 gleichschenkeligen dreieckigen, hervorgehen. Dieses Polyeder kann als ein Tri-Octaeder [69] angesehen werden, dessen 32 Flächen durch ebenso viele dreiseitige Pyramiden wieder bedeckt sind; deswegen werde ich es mit dem Namen ‚Pyramidal-Tri-Octaeder' bezeichnen.

Ich werde drei andere, aus vier, fünf nnd sieben Octaedern znsammengesetzte Repräsentativgestalten nur andeuten, denen ich die Namen Tetra-, Penta- und Hepta-Octaeder gegeben habe, und ich werde, um kurz zu sein, die Verbindungen, welche diese drei Repräsentativgestalten mit den vorigen Polyedern eingehen können, nicht besprechen.

Wenn man Acht gegeben hat, dass es bei einem gegebenen Octaeder vier verschiedene Stellungen giebt, in welchen ein anderes gleich grosses Octaeder mit dem ersten ein sechsflächiges Prisma bildet, so sieht man leicht ein, dass vier in diesen vier Lagen gruppirte Octaeder ihren Schwerpunkt in demselben Pnnkte haben und eine Vereinigung bilden, an der sie alle in gleicher Weise theilnehmen. Es ist dieses das Tetra-Octaeder mit 24 Ecken und 14 Flächen, von denen 6 Achtecke und die andern 8 gleichseitige Dreiecke sind; fügt man das nämliche Octaeder, welches zur Bestimmnng der gegenseitigen Lagen der vier eben vereinten Octaeder gedient hat, hinzu, so erhält man das Penta-Octaeder mit einer Anzahl von 30 Ecken und 56 dreieckigen Flächen, von denen 8 gleichseitig nnd die andern 48 gleichschenkelig sind.

Wenn man das Tetra-Octaeder anstatt mit einem einzigen Octaeder mit einem Tri-Octaeder in Vereinigung bringt, indem man die 6 vierflächigen Ecken desselben an denselben Punkt wie bei der Bildung des Penta-Octaeders die 6 Scheitelpunkte des fünften Octaeders legt, so bekommt man das aus sieben gleichen Octaedern zusammengesetzte Polyeder, welches ich Hepta-Octaeder genannt habe und das 42 Ecken nnd 80 dreieckige Flächen hat, von denen 8 gleichseitig, 24 gleichschen-

kelig und 48 ungleichseitig sind. Ich füge hier eine vergleichende Tabelle dieser 23 Repräsentativgestalten bei.

	Zahl der Tetraeder	Zahl der Octaeder	Zahl der Ecken	Zahl der Flächen				
				dreieckige	viereckige	sechseckige	achteckige	Summe der Flächen
Tetraeder*)	1	—	4	4	—	—	—	4
Octaeder	—	1	6	8	—	—	—	8
Parallelepiped	2	—	8	—	6	—	—	6
Sechsflächiges Prisma	—	2	12	—	6	2	—	8
Dodecaeder	2	1	14	—	12	—	—	12
Hexadecaeder	1	1	10	16	—	—	—	16
Triacontaeder	2	2	20	24	6	—	—	30
Trioctaeder	—	3	18	32	—		—	32
Trapezoeder	2	3	26	—	24	—	—	24
Tetra-Tetraeder	4	—	16	28	—	—	—	28
Penta-Tetraeder	5	—	20	12	12	—	—	24
Hexa-Tetraeder	6	—	24	—	6	8	—	14
Pyramiden-Hexa-Tetraeder	6	1	30	24	—	8	—	32
Würfel-Hexa-Tetraeder	8	—	32	48	6	—	—	54
Amphieder	8	1	38	24	24	—	—	48
Pentacontaeder	6	2	36	36	12	2	—	50
Octacontaeder	6	3	42	80	—	—	—	80
Octo-Tetraeder	8	—	32	—	6	12	—	18
Heptacontaeder	8	2	44	64	2	4	—	70
Pyramidales Trioctaeder	8	3	50	48	24	—	—	72
Tetra-Octaeder	—	4	24	68	—	—	6	14
Penta-Octaeder	—	5	30	56	—	—	—	56
Hepta-Octaeder	—	7	42	80	—	—	—	80

[**72**] Vermittelst dieser Polyeder habe ich die verschiedenen Anordnungen der Molekeln aller Körper dargestellt. Wenn diese Körper nur Stoffe enthalten, deren Gasvolum man messen kann, so hat man unmittelbar die Anzahl der Molekeln jeder Art, die in die Verbindung eintraten. Kann ein einfacher Körper nicht im Gaszustande erhalten werden, so muss man nacheinander

*) Diese 23 Polyeder sind in den diesem Auszuge beigefügten Tafeln gezeichnet; ich habe sie auch körperlich durch Herrn *Beloeuf* anfertigen lassen. Dieser Künstler, der im Naturhistorischen Museum wohnt und auf diese Art zu einem sehr mässigen Preise die Modelle aller in der Mineralogie des Herrn *Haüy* beschriebenen Krystalle herstellt, hat die Gestalten dieser Polyeder mit einer Einsicht und einer Genauigkeit wiedergegeben, die nichts zu wünschen übrig lassen.

verschiedene Annahmen in Bezug auf die Zahl der Molekeln dieses einfachen Körpers versuchen, die in einer der Verbindungen, welche er mit einem gasförmigen Stoffe, z. B. dem Sauerstoffe, bildet, enthalten sind. Die Gewichtsbeziehungen lassen die Anzahl der Molekeln des nämlichen Körpers erkennen, welche in seine anderen Verbindungen eingehen; und die Bedingung, der Genüge geleistet werden muss, dass alle Molekelzahlen, die man erhält, den in der vorigen Tabelle enthaltenen Polyedern entsprechen, lässt bald diejenige dieser verschiedenen Annahmen erkennen, die mit der Gesammtheit der Erscheinungen im Einklang steht; es ist dann leicht, die bezüglichen Gewichte der Molekeln aller einfachen Körper zu berechnen; und sind erst einmal diese Gewichte bestimmt, so genügt es, eine annähernd richtige Analyse eines zusammengesetzten Körpers zu haben, um zu wissen, wie viele Molekeln von einem jeden seiner Elemente seine Partikeln enthalten müssen [**73**], und um so die unvermeidlichen Irrthümer der Analyse zu berichtigen.

Mehrere Chemiker haben versucht, dadurch zu demselben Ergebniss zu gelangen, dass sie die gegenseitigen festen Gewichtsverhältnisse der verschiedenen einfachen Körper bestimmten, welche stets eine ganze Zahl von Malen in die aus ihnen zusammengesetzten Körper eintreten. Diese Verhältnisse führen nur zu Ergebnissen, die mit der Erfahrung übereinstimmen, wenn sie stets Multiple oder Submultiple der bezüglichen Gewichte der Molekel sind; aber, wenn man davon Gebrauch macht, kann nichts anzeigen, wie viele Antheile eines einfachen Körpers in eine dieser Verbindungen eintreten dürfen, wogegen die Betrachtung der Repräsentativgestalten in vielen Fällen voraussehen lässt, wie viel Molekeln eines jeden seiner Elemente in einen zusammengesetzten Körper eintreten können, und selbst dazu führt, zwischen den Verbindungen zweier einfacher Körper mit allen andern eine solche Abhängigkeit festzustellen, dass, falls die Verbindungen des einen dieser Körper bekannt sind, man die des andern vorhersehen kann. Ich habe z. B. beim Vergleich der Verbindungen, welche Sauerstoff und Wasserstoff mit verschiedenen Körpern bilden, gefunden, dass mit Ausnahme von Chlor [**74**] und Schwefel, deren Verbindungen mit Wasserstoff die Eigenschaften von Säuren zeigen, eine gleiche Menge eines Körpers, der im Stande ist, sich mit Wasserstoff zu verbinden, sich im allgemeinen in der Art verbindet, dass in jeder Partikel der zusammengesetzten Verbindung vier Molekeln Wasserstoff mehr vorhanden sind als Sauerstoffmolekeln in der

entsprechenden Verbindung desselben Körpers mit diesem letzteren Gase; ja, man kann sogar bemerken, dass, wenn dieser Körper mehrere Vereinigungen mit dem Sauerstoffe eingeht, von denen die einen schwieriger und die andern leichter zu zerlegen sind, die den ersten auf die eben ausgeführte Weise entsprechenden Verbindungen des Wasserstoffs die einzigen sind, die man, wenigstens in isolirtem Zustande, bekommen kann, und dass diejenigen, welche auf dieselbe Art den weniger beständigen Verbindungen des Sauerstoffs entsprechen, entweder unmöglich sind, oder nur mit einem dritten Körper vereinigt vorkommen. Gemäss dieser Hinzufügung von vier Molekeln, oder einer ganzen Partikel Wasserstoff zu der Zahl der Sauerstoffmolekeln, welche die verschiedenen Körper in ihre beständigsten Verbindungen mit diesem letzten Gase aufnehmen, findet man sechs Wasserstoffmolekeln, wenn zwei Sauerstoff-, [**75**] und acht, wenn vier Sauerstoffmolekeln in diesen Verbindungen enthalten sind[21]).

Dieselben Erwägungen führen gleicherweise nach den Repräsentativgestalten ihrer Partikeln zu der Vorhersage, welche Gase das Wasser nur in sehr kleiner Menge aufnehmen kann, durch die einfache Zwischenstellung einiger ihrer Partikeln zwischen die des Wassers, und welche dieselbe Flüssigkeit in grosser Menge aufzunehmen fähig ist, indem es mit diesen wirkliche Verbindungen bildet.

Man kann auch von dieser Art, die Zusammensetzung der Körper aufzufassen, die Mengenverhältnisse von Säuren und Basen herleiten, und selbst die des Krystallisationswassers, welche sich in den sauren, neutralen oder basischen Salzen einer nämlichen Art nach den Repräsentativgestalten der Partikeln von Säure und Base vorfinden müssen. So findet man z. B. nach der der Partikeln der Schwefelsäure, dass die Mehrzahl der basischen Sulfate, in Uebereinstimmung mit der Erfahrung, dreimal soviel Base als die neutralen Sulfate enthalten müssen, und dass die Menge der Schwefelsäure in den sauren Sulfaten doppelt so gross ist, als in den neutralen; während die schwefelige Säure nach der Repräsentativgestalt ihrer Partikeln mit dem Ammoniak ein Salz bilden kann, in welches es in grösserer Menge eintritt als in das neutrale Sulfit, doch nur im Verhältniss von drei zu zwei. Dieses ist in der That das saure Sulfit, welches man bei der Destillation des neutralen Ammoniaksulfates erhält.

Ich möchte hier nicht auf die in der Abhandlung, aus der ich den Auszug mache, enthaltenen Einzelheiten über die ver-

schiedenen Verbindungen des Ammoniakgases mit den gasförmigen Säuren eingehen: Die Uebereinstimmung der erlangten Ergebnisse mit denen der Erfahrung scheint mir einer der bemerkenswerthesten Beweise zu Gunsten der auseinandergesetzten Theorie zu sein; aber um ein Beispiel zu geben, wie man von dieser Theorie die Bestimmung der Wassermengen herleiten kann, die mit den Körpern, sei es im Zustande der Krystallisation, sei es auch, nachdem dieselben eine starke Wärmeeinwirkung erfahren haben, verbunden sind, werde ich, nach der Repräsentativgestalt der Partikel des Kali, die Bestimmung der darin in diesen beiden Zuständen enthaltenen Wassermenge ausführen. Nachdem wir, ausgehend von den Erscheinungen, welche das Kalium bietet, wenn man es in Berührung mit Wasser und Ammoniakgas bringt, festgestellt haben, dass die Partikeln des Kali zur Repräsentativgestalt [**77**] ein Octaeder haben, welches aus zwei Molekeln Sauerstoff und vier Molekeln Metall zusammengesetzt sind, finde ich, dass in dem krystallisirten Hydrate die Menge des Sauerstoffs im Wasser doppelt so gross sein muss, als die mit dem Kalium verbundene; dass jedoch, nachdem das Hydrat geschmolzen worden ist, diese beiden Sauerstoffmengen sich zu einander wie 4 : 3 verhalten müssen, weil eine Hydratpartikel in diesem Zustande zur Repräsentativgestalt ein Hepta-Octaeder hat, das durch die Vereinigung eines aus drei octaedrischen Kalipartikeln zusammengesetzten Trioctaeders und eines aus vier octaedrischen Wasserpartikeln bestehenden Tetra-Octaeders gebildet ist. Nun verbinden sich, gemäss der Zusammensetzung des Kali, wie sie von den Herren *Thenard* und *Gay-Lussac* bestimmt ist, 100 Theile Kalium mit 19,945 Theilen Sauerstoff, um 119,945 Theile Kali zu bilden. Es folgt also aus dem eben Gesagten, dass diese Menge Kali bei irgend einer Temperatur, der man sie unterwirft, eine Wassermenge festhalten kann, in der 26,593 Theile Sauerstoff enthalten sind und die folglich 30,139 wiegt, d. h. bis auf $^1/_{200}$ fast den vierten Theil des Gewichts des Kalis, wie man es durch die genauesten Analysen gefunden hat.

Die Verbindungen des Sauerstoffs, Wasserstoffs und des Chlors, sei es unter einander, sei es mit andern Körpern, sind nacheinander [**78**] der Gegenstand von Untersuchungen gewesen, die den soeben besprochenen analog sind. Bei der Unmöglichkeit, hier alle Ergebnisse anzugeben, werde ich mich in diesem Auszuge auf diejenigen dieser Verbindungen beschränken, von denen alle Elemente im Gaszustande erhalten werden können

und bei denen in Folge dessen die Zahl der Molekeln eines jeden ihrer Elemente unmittelbar gegeben ist.

Wir haben schon die Repräsentativgestalten der Partikeln zweier Verbindungen des Stickstoffs und des Sauerstoffs kennen gelernt: des Stickstoffoxyduls und des Salpetergases; diejenige der salpetrigen Säure muss nach dem Verhältniss der Volumina des Salpetergases und des Sauerstoffs, aus denen sie zusammengesetzt ist, ermittelt werden. Man hat zu diesem Zwecke Untersuchungen angestellt, deren Ergebnisse untereinander nicht übereinstimmen. Nach den Analysen von *S. H. Davy* setzt sich diese Säure aus zwei Volumina Salpetergas und einem Volum Sauerstoff zusammen: eine jede seiner Partikeln würde danach zwei Sauerstoffmolekeln mehr als die Partikel des Salpetergases enthalten und folglich zur Repräsentativgestalt ein aus zwei Stickstoff- und vier Sauerstoffmolekeln zusammengesetztes Octaeder haben; aber dann dürfte, wie bei allen anderen Verbindungen, bei welchen das Volum des einen Bestandtheiles doppelt so gross ist als [**79**] das des andern, das Volum des Salpetergases sich durch Hinzufügung von Sauerstoff nicht ändern; die grössere Verdichtung, welche statt hat, scheint mir dem zuzuschreiben zu sein, dass, je nachdem sich diese Octaeder bilden, sie sich mit den Tetraedern des Salpetergases zu Hexadecaedern vereinigen. Da alsdann zwei Molekeln Sauerstoff zur Bildung eines dieser Hexadecaeder, in welches zwei ganze Partikeln Salpetergas eintreten, genügen, so beträgt das Volum des Sauerstoffs nur den vierten Theil von dem des Salpetergases, und die Volumina des Stickstoffs und Sauerstoffs stehen in der salpetrigen Säure im Verhältniss von 4 : 6. Diese Ergebnisse stehen in Uebereinstimmung mit den Untersuchungen des Herrn *Berzelius*. Nach dieser Hypothese muss die Verdichtung $^3/_5$ des ganzen Volums ausmachen; aber sie wird nur vollständig stattfinden, wenn der Sauerstoff in kleinen Mengen dem Salpetergase hinzugefügt wird, damit die soeben besprochenen Octaeder, in dem Maasse wie sie sich bilden, auf einen Ueberschuss von Tetraedern des Salpetergases treffen, mit welchen sie sich vereinigen können. Fügte man im Gegentheil Salpetergas zum Sauerstoffe, so würde ein Theil dieser Octaeder unverbunden bleiben und es würden Verbindungen und Verdichtungen in verschiedenen Verhältnissen entstehen.

[**80**] Es folgt aus der Zusammensetzung der Salpetersäure, wie sie *S. H. Davy* bestimmt hat und wie sie durch die Zersetzung des salpetersauren Ammoniaks bestätigt ist, dass

eine Partikel dieser Säure, wenn man sie wasserfrei erhalten könnte, aus einer Partikel Stickstoff und zwei nnd einer halben Partikel Sauerstoff zusammengesetzt sein würde. Sie würde dann vier Stickstoff- und zehn Sauerstoffmolekeln enthalten, und man kann annehmen, dass sie dnrch die Vereinigung zweier Tetraeder Salpetergas mit einem aus sechs Sauerstoffmolekeln*) gebildeten Octaeder zu einem Dodecaeder entstanden ist. Aber bei der Verbindung, welche diese Säure stets mit Wasser liefert, darf man voraussetzen, dass das Sauerstoff-Octaeder mit zwei Wasser-Octaedern ein Trioctaeder bildet, welches sich mit den beiden Salpetergas-Tetraedern zu einem Trapezoeder vereinigt; man kann daraus auf die Wassermenge der concentrirtesten Säure schliessen, und man findet durch Rechnnng, dass dieselbe sehr nahe der gleich ist, die Herr *Wollaston* durch die Untersnchnng bestimmt hat.

[81] In dem Ammoniumnitrat ist eine Partikel trockener Salpetersäure mit zwei Partikeln Ammoniakgas vereinigt; so dass eine Partikel des Salzes dnrch die Vereinigung eines Sauerstoff-Octaeders mit zwei Salpetergas-Tetraedern und vier Tetraedern, die den zweien ähnlich sind, welche in jede Partikel Ammoniakgas eintreten, gebildet ist: Die Repräsentativgestalt dieser Partikel ist also ein Pyramidal-Hexa-Tetraeder nnd enthält zehn Molekel Sanerstoff, acht Stickstoff und zwölf Wasserstoff. Zersetzt man dieses Salz durch Erhitzen, so bilden die acht Molekel Stickstoff mit vier Molekeln Sanerstoff zwei Partikel Stickstoffoxydul, und die zwölf Molekel Wasserstoff bilden mit den sechs anderen Sauerstoffmolekeln drei Partikel Wasser.

Wenn das Salz ausserdem noch Krystallisationswasser enthält, so muss man mehr als drei Partikel Wasser bekommen; jedoch bekommt man in allen Fällen bei seiner Zersetzung nur Wasser und Stickstoffoxydul, so wie man es dnrch die Untersuchung findet.

Wenn die Menge des Krystallisationswassers gleich der ist, welche die concentrirteste Salpetersäure enthält, so müssen sich mit dem Octaeder und den sechs Tetraedern, aus denen [82] jede einzelne seiner Partikeln zusammengesetzt ist, zwei andere Octaeder Wasser vereinigen, was als Repräsentativgestalt des

*) Man kann auch annehmen, dass bei der Bildung der Salpetersäure das Hexadecaeder des Salpetergases sich mit einem Sauerstoff-Tetraeder vereinigt, was gleichfalls eine Verbindung eines Octaeders mit zwei Tetraedern ergiebt und nichts an den folgenden Ausführungen ändert.



krystallisirten Ammoninmnitrats ein aus sechs Tetraedern und einem Trioctaeder gebildetes Octacontaeder ergeben würde. Das Chlor verbindet sich mit dem Wasserstoffe in gleichem Volumverhältniss, und das so entstehende Salzsänregas nimmt ein der Summe der Volumina der beiden Bestandtheile gleiches Volum ein. Man könnte diese Art der Verbindung erklären, wenn man annimmt, dass die Repräsentativgestalten der Partikeln des Chlors einzelne Tetraeder wie die des Sauerstoffs, Stickstoffs nnd Wasserstoffs sind; diejenige der Partikeln der Salzsäure würde dann ein Tetraeder sein; aber man kann sie ebenso gnt erklären, wenn man jede Partikel des Chlors als dnrch die Vereinigung zweier Tetraeder zn einem Parallelepiped gebildet nnd demgemäss acht Molekeln enthaltend betrachtet. Diese letzte Hypotheso ist die einzige, welche mit den Verhältnissen der anderen Verbindungen des Chlors, den Erscheinungen, die sie zeigen und den Eigenschaften, die sie kennzeichnen, übereinstimmt.

Angenommen, man findet, dass jede Partikel der Salzsänre die Hälfte einer Partikel Wasserstoff nnd die Hälfte [83] einer Partikel Chlor enthält nnd zur Repräsentativgestalt ein aus zwei Molekeln Wasserstoff nnd vier Molekeln Chlor zusammengesetztes Octaeder hat. Wenn sich das Salzsäuregas mit dem Ammoniakgas verbindet, so vereinigt sich ein jedes seiner Octaeder mit einer würfelförmigen Partikel dieses Gases, woraus folgt, dass es ein dem seinen gleiches Volum aufnehmen muss, wie die Erfahrung lehrt, und dass die Partikeln des also gebildeten Salzes zur Repräsentativgestalt ein Rhombendodecaeder haben müssen; diese Gestalt ist in der That eine von denen, welche dem Krystallsystem des Salmiaks angehören, nnd alle anderen können folglich leicht durch verschiedene Decrescenzen darauf zurückgeführt werden. Die gasförmigen Sänren, deren Partikeln als Repräsentativgestalt einen Würfel haben, zeigen, im Gegentheil, das Bestreben, sich mit dem Ammoniakgas in der Weise zu verbinden, dass das Volum des einen der Gase doppelt so gross ist als das des andern, weil das einfachste Polyeder, das man mit Würfeln bilden kann, das Hexa-Tetraeder ist, das deren drei enthält.

Die Zusammensetzung des durch die Verbindung von Sauerstoff nnd Chlor gebildeten Gases, welches *S. H. Davy* entdeckt und Enchlorin genannt hat, ist ein durch die Volumverhältnisse seiner beiden Bestandtheile sehr bemerkenswerthes. Nach [84] der Analyse, die er davon gemacht hat, haben fünf Volumina

des zur Untersuchung verwendeten Gases bei der Zersetzung durch die Wärme zwei Volumina Sauerstoff nnd vier Volumina Chlor gegeben. Diese Beziehungen scheinen allen Analogien entgegenzustehen, und es scheint mir unmöglich, sie darauf zurückzuführen, und die Art der Znsammensetzung der Partikeln des Euchlorins zu erklären, ohne anzunehmen, dass das von diesem berühmten Chemiker analysirte Gas ein wenig mit Chlor gemischt war; eine Annahme, die natürlich ist, wenn man Acht giebt, dass der Vorgang, durch welchen man dieses Gas erhalten hatte, ein Gemisch von Euchlorin und Chlor ergab, von dem man dies letzte Gas absonderte, indem man es mit Quecksilber schüttelte, ein Verfahren, welches wahrscheinlich nicht alles Chlor beseitigte, und welches übrigens kein Mittel bot, zu erkenneu, wann man dazu gelangt sein sollte, dass der Rest dieser Operation reines Euchlorin war[22]). Ich meine also, dass man diese Analyse dahin erklären muss, dass man annimmt, das gebrauchte Gas enthielte ein Fünftel Chlor, und dass von den fünf znm Versuche verwendeten Volumen nur vier wirklich dem aus Sauerstoff und Chlor zusammengesetzten Gase angehörten. Betrachtet man als die Repräsentativgestalt seiner Partikeln einen aus zwei Molekeln Sauerstoff und sechs Molekeln Chlor zusammengesetzten Würfel, so findet man, dass vier Partikeln dieses Gases acht Molekeln, d. h. zwei Partikeln Sauerstoff, und 24 Molekeln, d. h. drei Partikeln Chlor enthalten müssen, so dass die Zerlegung von vier Volumen reinen Euchlorins, nach dieser Hypothese, zwei Volumina Sauerstoff und drei Volumina Chlor ergeben würde. Diese drei Volumina Chlor, vereinigt zu einem Volum des nämlichen Gases, welches durch seine Vermischung mit den vier Volumen Euchlorin die fünf Volumina, mit deneu man gearbeitet hat, bildete, haben im Rückstande die vier Volumina Chlor geben müssen, die *S. H. Davy* gefunden hat.

Das Verhältniss von drei Volumen Chlor und zwei Volumen Sanerstoff im Euchlorin scheint zuerst keine Analogie mit den Verhältnissen zu bieten, welche man bei den Verbindungen anderer Gase beobachtet; aber diese Unregelmässigkeit ist nur scheinbar nnd kommt einzig und allein daher, dass die Tetraeder des Chlors, anstatt sich zu trennen wie die Tetraeder des Sauerstoffs, Wasserstoffs und Stickstoffs, paarweise in jeder Chlor-Partikel verbunden bleiben, so dass ein Volum dieses Gases zweien [86] Volumen eines audern Gases in Bezug auf die Verbiudungen gleichwerthig ist; nnd dass, wenn die Tetraeder des Chlors sich alle von einander trennen würdeu, man durch die



Zersetzung des Euchlorins sechs Volumina Chlor und zwei Volumina Sauerstoff erhalten würde, genau wie man in dem Zersetzungsrückstande des Ammoniakgases, dessen Partikeln dieselbe Repräsentativgestalt wie die des Euchlorins haben, sechs Volumina Wasserstoff und zwei Volumina Stickstoff findet.

Die soeben angedeuteten Ergebnisse bilden nnr einen sehr kleinen Theil von denen, welche man aus der Betrachtung der Repräsentativgestalten der Partikeln der Körper zum Zwecke der Bestimmung der Verhältnisse anorganischer Verbindungen herleiten kann. Die Chemie der organischen Körper bietet auch zahlreiche Anwendungen dieser Theorie; aber besonders in dieser Hinsicht bedarf es noch vieler Analysen und Rechnungen, um sie zu vervollständigen. Nichtsdestoweniger habe ich mehrere Bestimmungen in Bezug auf die Znsammensetzung verschiedener dem Pflanzenreiche entnommener Stoffe gemacht, welche zu gnt mit den Ergebnissen der Erfahrung stimmen, um einen Zweifel an der Nützlichkeit aufkommen zu lassen, von der sie diesem Theile der Chemie sein kann.

Ich habe die Ehre, zu sein etc.

Anmerkungen.

Die beiden ziemlich gleichzeitigen Abhandlungen von *Avogadro* und *Ampère* sind diejenigen, auf welche die Erkenntniss zurückzuführen ist, dass die chemischen Vorgänge zwischen Gasen in Bezug auf die dabei obwaltenden Volumverhältnisse eine besonders einfache Darstellung erhalten, wenn man in gleichen Räumen verschiedener Gase gleich viele kleinste Theilchen annimmt. Um letztere Annahme durchzuführen. musste die weitere Annahme hinzugefügt werden, dass die kleinsten Gastheilchen auch bei elementaren Stoffen noch zusammengesetzt seien und im allgemeinen aus mindestens je zwei chemischen Atomen bestehen. In der Aufstellung dieser Annahme besteht das Verdienst der beiden Arbeiten.

Zu der Zeit ihres Erscheinens (1811) erfuhr indessen diese Annahme nicht sowohl Widerspruch, als eine fast völlige Nichtbeachtung. *Berzelius*, welcher soeben die anfangs mit grosser Wärme aufgenommene »Volumtheorie« hatte fallen lassen, da sie in ihrer älteren Form zu dem Ergebniss führte, dass z. B. im Chlorwasserstoffgas nur halb soviel kleinster Theilchen enthalten sind, als in dem gleichen Raum Chlor- oder Wasserstoffgas (weil diese sich ohne Volumänderung zu jenem vereinigen), schlug den in jenen Abhandlungen gezeigten Ausweg nicht ein, sondern liess die Frage auf sich beruhen.

Die Ursache davon war unzweifelhaft, dass für die Annahme, die kleinsten Theilchen der Gase seien von den chemischen Atomen oder Atomverbindungen verschieden, kein anderer Grund vorlag. Eine jede Hypothese hat aber erst dann Anspruch auf Beachtung, wenn sie nicht nur die Erscheinung, zu deren Erklärung sie ersonnen wurde, darstellt, sondern auch andere, davon unabhängige, sowie wenn sie neue Erscheinungen voraussehen lässt.

Der letzte Fall trat erst weit später ein, als durch die Forschungen in der organischen Chemie, insbesondere durch die Erörterung der Frage nach dem Verhältniss zwischen Alcohol

und Aether sich der **Molekularbegriff** entwickelte, dessen Ausgestaltung in den Schluss der vierziger Jahre unseres Jahrhunderts fällt. Erst bei dieser Gelegenheit trat wieder ein Bedürfniss nach der Beantwortung der Frage über die Anzahl der kleinsten Theilchen oder Atome ein, welche mit einander durch die Affinität zu einem Ganzen verbunden sind, und alsbald gelangten auch die Darlegungen *Avogadro*'s und *Ampère*'s, insbesondere des Ersten, zur Anerkennung.

Können somit die beiden mitgetheilten Abhandlungen auch nicht in solchem Sinne als klassisch gelten, dass **unmittelbar** an ihren Inhalt sich die Entwicklung einer wichtigen Gedankenreihe knüpft, so sind sie es doch in dem Sinne, dass sie zuerst einen Gedanken bringen, der später zu grösster Wichtigkeit gelangt ist, als andere Thatsachen eine ähnliche Interpretation nahe legten. Dem entspricht auch die wissenschaftliche Beschaffenheit der übrigen Leistungen *Avogadro*'s. Dieselben lassen einen ungemein beweglichen und phantasiereichen Geist erkennen, dem das endlose Gebiet des Möglichen für seine Flüge nur eben gross genug war; die nicht zahlreichen Versuche *Avogadro*'s aber, auf dem Wege experimenteller Forschung die Probleme der Wissenschaft seiner Zeit der Lösung näher zu führen, haben kein Ergebniss von Belang gezeitigt. In dieser Richtung erinnert er sehr an *J. Dalton*; beide haben neben einigen richtigen und wichtigen eine ziemliche Anzahl falscher »Gesetze« aufgestellt.

Die Abhandlung von *Ampère* enthält mit Ausnahme des erwähnten Grundgedankens nichts, was gegenwärtig in den Bestand der wissenschaftlichen Chemie übergegangen wäre. Indessen hat sie als Werk eines so hochstehenden und scharfsinnigen Physikers vollen Anspruch auf Beachtung. Auch ist sie als ein classisches Beispiel für die Art und Beschaffenheit der Förderung, welche die Chemie von den Vertretern der Nachbarwissenschaften erfahren kann, von höchstem Interesse. Solange sich der geistvolle Forscher an die chemischen Thatsachen hält, kommt er zu denselben Ergebnissen, wie *Avogadro*; sowie er aber das Gebiet der geometrischen Möglichkeiten betritt, in welchem er weiterhin nur noch durch eine Art Stilgefühl geleitet wird, erhält er Resultate, von denen die Chemie bisher keinen Gebrauch hat machen können.

[1]) Die Abhandlung *Avogadro*'s: »Essai d'une manière de déterminer les masses rélatives des molécules élémentaires des corps, et les proportions selon lesquelles elles entrent dans les

combinaisons« erschien im Journal de physique par Delamétherie 73, p. 58—76; juillet 1811. Anf diese Quelle beziehen sich die in eckigen Klammern [ ] angegebenen Seitenzahlen. Die Uebersetzung ist zum Theil vom Herausgeber, zum Theil von Dr. *M. Le Blanc* ausgeführt; der letztere Theil wurde vom Herausgeber wiederholt mit dem Original verglichen.

[2]) Die Bezeichnung molécule, welche mit Molekel übersetzt worden ist, hat in der vorliegenden Abhandlung die Bedeutung eines kleinsten Körpertheilchens und entspricht bei Elementen dem, was wir gegenwärtig ein Atom nennen. Von Atomen zusammengesetzter Stoffe zu reden ist gegenwärtig nicht üblich, obgleich der Ausdruck ganz passend wäre für die kleinsten Theilchen solcher Stoffe, deren Molekulargewicht (im gegenwärtigen eigentlichen Sinne) wir nicht kennen, wie z. B. $Ba\ SO^4$. Auch solche kleinste Theilchen heissen bei *Avogadro* molécules. Der Herausgeber hat die Beibehaltung des von *Avogadro* benutzten Wortes vorgezogen, obwohl es vom gegenwärtigen Sprachgebrauch abweicht; die vorstehende Bemerkung wird einer etwaigen Verwechslung vorbeugen.

[3]) Die Gründe *Avogadro*'s für seine berühmte Annahme enthalten nicht, wie das häufig angegeben wird, einen Hinweis anf das gleichartige Verhalten der Gase gegen Aenderungen des Druckes und der Temperatur, sondern beziehen sich ausschliesslich auf die gegenseitige Entfernung der Gasmolekeln von einander, wie sie unter bestimmten gleichen Verhältnissen stattfindet, und die den Anschauungen der Zeit entsprechend als durch den um jede Molekel angehäuften Wärmestoff bestimmt gedacht wird. Sie sind somit ausschliesslich aus dem *Gay-Lussac*'schen Volumgesetz hergenommen, nicht aus den allgemeinen Gasgesetzen.

[4]) Constituirende Molekeln (molécules constituantes) nennt *Avogadro* die kleinsten selbständigen Gastheilchen, d. h. das, was gegenwärtig den Namen Molekel führt.

[5]) An dieser Stelle zeigt sich eine gewisse Unstetigkeit im Gebrauch des Wortes molécule, indem *Avogadro* noch eine Theilbarkeit derselben in molécules intégrantes (übersetzt mit integrirende Molekeln), welche unseren Atomen genau entsprechen, annimmt. Das Wort molécule ohne Zusatz dient sowohl zur Bezeichnung des einen, wie des andern Begriffes.

[6]) Diese Vermuthung ist irrthümlich, da in der That die Natur vor der Bildung sehr zusammengesetzter und daher schwerer Molekeln keine besondere Scheu zeigt.



[7]) Unter Salpetergas, gaz nitreux, ist stets das Stickoxyd, *NO*, verstanden.

[8]) Da die Bestimmung der Zusammensetzung der salpetrigen Säure durch *Gay-Lussac* falsch ist, so werden damit die Erörterungen über die entsprechenden Volumverhältnisse gegenstandslos.

[9]) Beide Annahmen haben sich in der Folge als irrig erwiesen.

[10]) Mit dem Namen der oxygenirten Salzsäure wurde das Chlor bezeichnet, welches man der Voraussetzung zuliebe, dass alle Säuren Sauerstoff enthalten müssten, lange als einen zusammengesetzten Stoff ansah. Es schien passender, den damals gebräuchlichen Namen auch in der Uebersetzung beizubehalten.

[11]) Auch diese Annahme entspricht nicht den gegenwärtig bekannten Thatsachen.

[12]) Diese Anschauungen *Avogadro*'s, auf welche derselbe grossen Werth legte, haben sich in der Folge als im Widerspruch mit den Thatsachen stehend, und somit ohne Nutzen für den Fortschritt der Wissenschaft erwiesen. Sie sind indessen bemerkenswerth als ein Versuch, für die verschiedenen Grade, in welchen bei verschiedenen Säuren die specifischen Säureeigenschaften ausgebildet sind, eine Vorstellung zu gewinnen.

[13]) Der Brief *Ampère*'s, welcher denselben Grundgedanken enthält, wie die Abhandlung *Avogadro*'s, erschien unter dem Titel: »Lettre de M. *Ampère* à M. le comte *Berthollet* sur la détermination des proportions, dans lesquelles les corps se combinent d'après le nombre et la disposition respective des molécules dont leurs particules intégrantes sont composées« in den Annales de chimie, Bd. 90, p. 43—86. 1814. Die Uebersetzung rührt von Dr. M. *Le Blanc* her und ist vom Herausgeber mit dem Original verglichen worden.

[14]) Die hier erwähnte Abhandlung scheint nie vollendet zu sein, da eine weitere Publication *Ampère*'s über diesen Gegenstand nicht bekannt ist.

[15]) Unter Molekeln werden hier die letzten Theilchen der Materie, unsere Atome verstanden. Die zusammengesetzten selbständigen Atomgruppen, unsere Molekeln, nennt *Ampère* Partikeln (particules).

[16]) Durch die Annahme von mindestens vier kleinsten Theilchen in einer Gruppe, welche durch das Gesagte schwerlich genügend begründet ist, begiebt sich *Ampère* in eine unnöthige

Complication, welche *Avogadro* durch seine einfachere Annahme von je zwei kleinsten Theilchen in der Gruppe vermieden hat.

[17]) Noch mehr compliciren sich *Ampère's* Darlegungen durch die Absicht, auch die Krystallform der Verbindungen aus der Anordnung der punktförmig gedachten Elementaratome in dem Molekularcomplex abzuleiten. Derartige Versuche sind späterhin vielfach wiederholt worden, aber gegenwärtig wohl als aussichtslos aufgegeben, namentlich gegenüber der grossen Verbreitung und Mannigfaltigkeit polymorpher Formen desselben Stoffes.

[18]) Es ist das von *Hauy* entdeckte krystallographische Gesetz gemeint, welches von diesem als Gesetz der Decrescenzen bezeichnet wurde und gegenwärtig als Gesetz der rationalen Axenschnitte bekannt ist.

[19]) Die überaus verwickelten Darlegungen der folgenden Seiten über die möglichen Anordnungen der kleinsten Theilchen enthalten nichts, was inzwischen von der Wissenschaft aufgenommen worden wäre, und ihr Studium kann somit nur denen empfohlen werden, welche sich für die historische Seite der Frage besonders interessiren.

[20]) Eine solche Vorstellung von der Ursache chemischer Verbindung ist nicht mehr üblich. Doch ist es bemerkenswerth, dass neuerdings von *L. Sohncke* eine einigermaassen ähnliche Anschauung entwickelt wurde, welche sich freilich nicht auf chemische Verbindungen im Allgemeinen, sondern auf die Aufnahme von Krystallwasser, Krystallbenzol u. s. w. von Seiten der aus entsprechenden Lösungen anschiessenden Stoffe bezieht. Nach dieser Anschauung kommt diese Aufnahme so zu Stande, dass sich in ein Raumgitter, dessen Punkte von den Molekeln des Stoffes besetzt sind, entsprechende andere, aus Molekeln des Lösungsmittels gebildete Raumgitter gesetzmässig einlagern.

[21]) Auch diese Sätze haben dem Fortschritt der Wissenschaft nicht Stand gehalten; gleiches gilt für die folgenden Auseinandersetzungen.

[22]) Euchlorin ist in der That inzwischen als ein Gemenge erkannt worden.

W. Ostwald.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

1. Tetraeder.

2. Octaeder.

3. Würfel.

4. Sechsflächiges Prisma.

5. Dodecaeder.

6. Hexadecaeder.

7. Triacontaeder.

8. Trioctaeder.

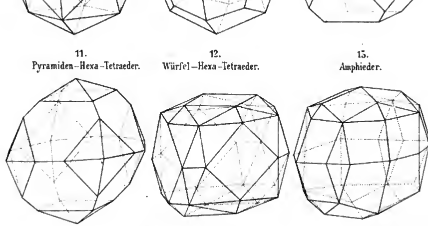
9 Trapezoëder.

10. Hexa-Tetraeder.

11. Pyramiden-Hexa-Tetraeder.

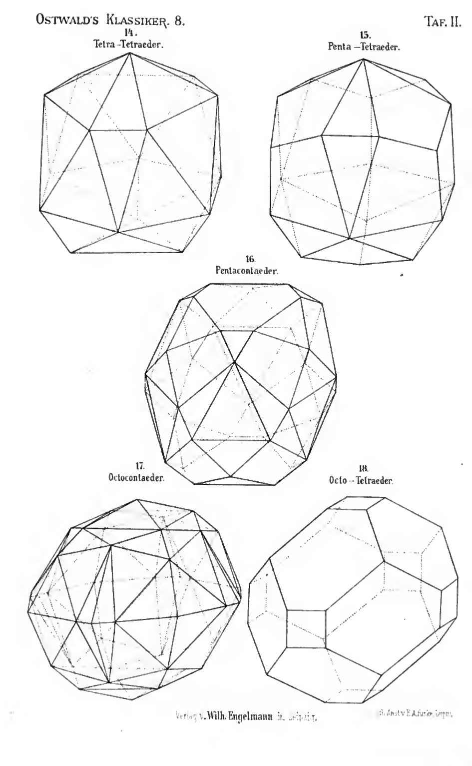
12. Würfel-Hexa-Tetraeder.

13. Amphieder.

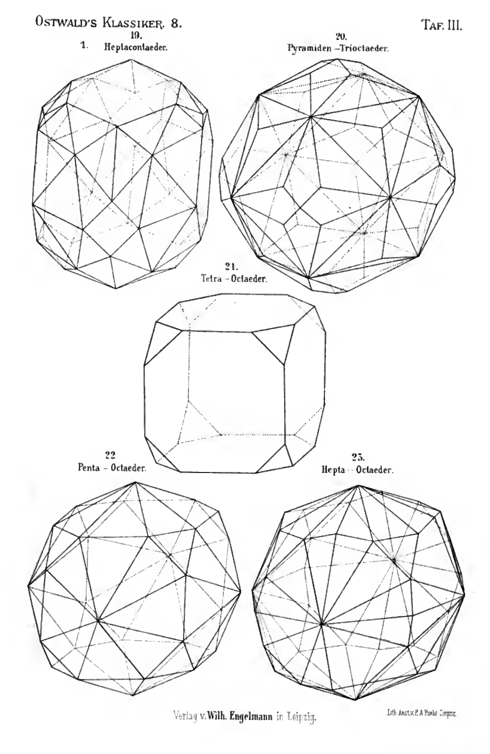


Verlag v. Wilh. Engelmann in Leipzig.

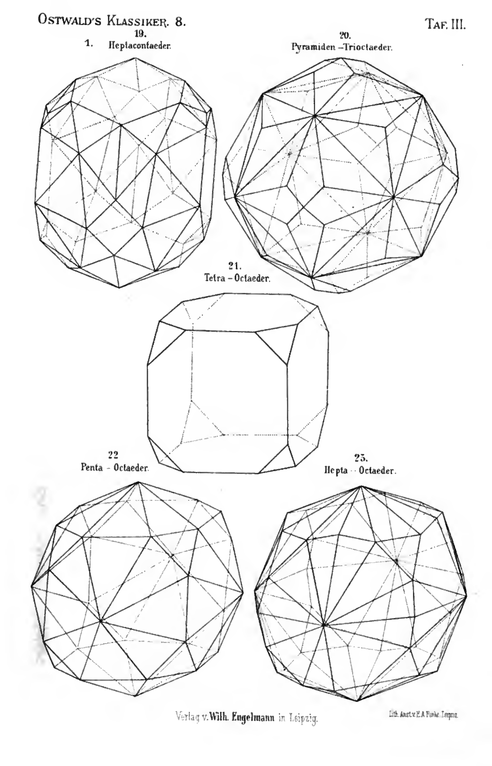
Lith. Anst. v. E.A. Funke Leipzig.



Verlag v. Wilh. Engelmann in Leipzig.
Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.



Verlag v. Wilh. Engelmann in Leipzig.
Lith Anst. v. E. A. Funke Leipzig.



Verlag v. Wilh. Engelmann in Leipzig.
Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.



Nr. 24. **Galileo Galilei**, Unterredungen u. mathematische Demonstrationen über zwei neue Wissenszweige etc. (1638.) 3. u. 4. Tag mit 90 Fig. im Text. Aus dem Italien. u. Latein. übers. u. herausg. von A. von Oettingen. (141 S.) ℳ 2.—.

» 25. —— —— (1638.) Anhang zum 3. u. 4. Tag, 5. u. 6. Tag, mit 23 Fig. im Text. Aus dem Italien. u. Latein. übers. u. herausg. von A. von Oettingen. Mit Inhaltsverzeichniss zum 3.—6. Tag. (66 S.) ℳ 1.20.

» 26. **Justus Liebig**, Abhandlung über die Constitution der organischen Säuren. (1838.) Herausg. von Herm. Kopp. (86 S.) ℳ 1.40.

» 27. **Robert Bunsen**, Untersuchungen über die Kakodylreihe. (1837—1843.) Herausg. von A. v. Baeyer. Mit 3 Fig. im Text. (148 S.) ℳ 1.80.

» 28. **L. Pasteur**, Über d. Asymmetrie bei natürlich vorkommenden organischen Verbindungen. (1860.) Übers. u. herausg. von M. u. A. Ladenburg. (36 S.) ℳ —.60.

» 29. **Ludwig Wilhelmy**, Üb. d. Gesetz, nach welchem die Einwirkung der Säuren auf den Rohrzucker stattfindet. (1850.) Herausg. von W. Ostwald. (47 S.) ℳ —.80.

» 30. **S. Cannizzaro**, Abriss e. Lehrganges der theoret. Chemie, vorgetr. an d. k. Universität Genua. (1858.) Übersetzt von Dr. Arthur Miolati aus Mantua. Herausg. von Lothar Meyer. (61 S.) ℳ 1.—.

» 31. **Lambert's** Photometrie. (Photometria sive de mensura et gradibus luminis, colorum et umbrae). (1760.) Deutsch herausgegeben von E. Anding. Erstes Heft: Theil I und II. Mit 35 Figuren im Text. (135 S.) ℳ 2.—.

» 32. —— —— Zweites Heft: Theil III, IV und V. Mit 32 Figuren im Text. (112 S.) ℳ 1.60.

» 33. —— —— Drittes Heft: Theil VI und VII. — Anmerkungen. Mit 8 Figuren im Text. (172 S.) ℳ 2.50.

» 34. **R. Bunsen u. H. E. Roscoe**, Photochemische Untersuchungen. (1855—1859.) Erste Hälfte. Herausgeg. von W. Ostwald. Mit 13 Fig. im Text. (96 S.) ℳ 1.50.

» 35. **Jacob Berzelius**, Versuch, d. bestimmten u. einfachen Verhältnisse aufzufinden, nach welchen die Bestandtheile d. unorg. Natur mit einander verbunden sind. (1811—1812.) Herausg. von W. Ostwald. (218 S.) ℳ 3.—.

» 36. **F. Neumann**, Üb. e. allg. Princip d. mathemat. Theorie inducirter elektr. Ströme. (1847.) Herausg. von C. Neumann. Mit 10 Fig. im Text. (96 S.) ℳ 1.50.

» 37. **S. Carnot**, Betrachtungen üb. die bewegende Kraft des Feuers etc. (1824.) Übersetzt u. herausg. von W. Ostwald. Mit 5 Fig. im Text. (72 S.) ℳ 1.20.

» 38. **R. Bunsen u. H. E. Roscoe**, Photochemische Untersuchungen. (1855—1859.) Zweite Hälfte. Herausg. von W. Ostwald. Mit 18 Figuren im Text. (107 S.) ℳ 1.60.

» 39. **L. Pasteur**, Die in d. Atmosphäre vorhandenen organ. Körperchen, Prüfung der Lehre von der Urzeugung. (1862.) Übersetzt von A. Wieler. Mit 2 Taf. (98 S.) ℳ 1.80.

» 40. **A. L. Lavoisier u. P. S. de Laplace**, Zwei Abhandlungen üb. d. Wärme. (Aus den Jahren 1780 u. 1784.) Herausg. v. J. Rosenthal. Mit 13 Fig. im Text. (74 S.) ℳ 1.20.

In Vorbereitung befinden sich:

Kepler, Ausgewählte Arbeiten. Herausg. von H. Gravelius (Berlin).

Maxwell, Abhandlungen zur Theorie der Elektricität und des Magnetismus.

Mitscherlich, Abhandlung üb. d. Isomorphismus. Herausg. von G. Wiedemann (Leipzig).

Scheele, Abhandlung von d. Luft u. d. Feuer. Herausg. von J. Volhard (Halle).

Wilhelm Engelmann.



